

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS

ESCUELA PROFESIONAL DE

INGENIERÍA AMBIENTAL Y

SEGURIDAD INDUSTRIAL



TESIS

**“PROPUESTA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A
PEQUEÑA ESCALA A PARTIR DE ACEITES USADOS DENTRO DEL
CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”**

Presentada por:

BACH. YUSARA JERALDINE MONSEFU COLMENARES.

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO
AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ENERGÍAS RENOVABLES Y
TECNOLOGÍAS LIMPIAS.**

PIURA, PERÚ

2019.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SEGURIDAD INDUSTRIAL

TESIS

“PROPUESTA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PEQUEÑA
ESCALA A PARTIR DE ACEITES USADOS DENTRO DEL CAMPUS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ENERGÍAS RENOVABLES Y TECNOLOGÍAS
LIMPIAS.



BACH. YUSARA JERALDINE MONSEFU COLMENARES



ASESOR: ING.CARLOS IVÁN MARCHENA TORRES MsC.

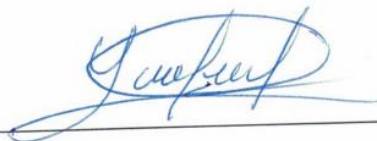
DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo, YUSARA JERALDINE MONSEFU COLMENARES, identificado con DNI N° 73208987 Bachiller en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial de la Facultad de Minas de la Universidad Nacional de Piura y domiciliado en calle María Auxiliadora N° 1204 AA.HH Sánchez Cerro provincia de Sullana, departamento de Piura con celular 943808216.

DECLARO BAJO JURAMENTO: que la tesis que presento es original e inédita, no siendo copia parcial ni total de una tesis desarrollada, y /o realizada en el Perú o en el extranjero, en caso contrario de resultar falsa la información y las Normas Legales de Protección a los derechos de autor que proporciono, me sujeto a los alcances de lo establecido en el Art N° 411, del código penal concordante con el artículo 32 de la Ley N° 27444, y la ley del procedimiento Administrativo General

En fe de lo cual firmo la presente.

Piura, Agosto del 2019.



YUSARA JERALDINE MONSEFU COLMENARES
DNI N° 73208987

UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA
FACULTAD DE INGENIERÍA DE MINAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL Y
SEGURIDAD INDUSTRIAL

TESIS

“PROPUESTA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PEQUEÑA
ESCALA A PARTIR DE ACEITES USADOS DENTRO DEL CAMPUS DE LA
UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA”

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: ENERGÍAS RENOVABLES Y TECNOLOGÍAS
LIMPIAS.



Dr. Ing° ROYVEL CARHUACHIN GUTIERREZ
Presidente del Jurado Calificador



Ing. OSCAR A. ALIAGA FLORES, M.Sc.
Secretario del Jurado Calificador



Ing° CARLOS A. CALLE GUTIERREZ, M.Sc.
Vocal del Jurado Calificador



UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERIA DE MINAS

DECANATO

"AÑO DE LA LUCHA CONTRA LA CORRUPCIÓN Y LA IMPUNIDAD"

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

Los Miembros del Jurado Calificador nombrados mediante Resolución N° 932-CF-2019, de fecha once de octubre de dos mil diecinueve, que suscriben reunidos el día viernes dieciocho de octubre de dos mil diecinueve, a horas 12:00 m., en la sala de conferencias - FIM, para la sustentación de la Tesis titulada: **"PROPUESTA TÉCNICA PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PEQUEÑA ESCALA A PARTIR DE ACEITES USADOS DENTRO DEL CAMPUS DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA."**, conducida por la señorita Bachiller en Ingeniería Ambiental y Seguridad Industrial – PROEDUNP – SULLANA **MONSEFU COLMENARES YUSARA JERALDINE**, cuenta con el asesoramiento del Ing. **Carlos I. Marchena Torres**. Efectuadas las observaciones y dadas las respuestas, lo declaran:

DESAPROBADA	APROBADA			
	Bueno	Muy Bueno	Sobresaliente	Excelente
	_____	_____	_____X_____	_____

En consecuencia, queda en condición de ser calificado **APTA** y solicitar al Consejo Universitario de la Universidad Nacional de Piura, le otorgue el **TITULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL Y SEGURIDAD INDUSTRIAL**, de conformidad con lo estipulado en las normas legales vigentes de la Universidad Nacional de Piura.

Piura, 18 de octubre de 2019.

Dr. Ing° ROYVEL CARHUACHIN GUTIERREZ
Presidente del Jurado Calificador

Ing. OSCAR A. ALIAGA FLORES, M.Sc.
Secretario del Jurado Calificador

Ing° CARLOS A. CALLE GUTIERREZ, M.Sc.
Vocal del Jurado Calificador

DEDICATORIA

A Dios, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mi familia, quienes me apoyaron en todo momento y me inspiraron a continuar y seguir adelante.

A mis padres por enseñarme con su ejemplo a enfrentar solo los problemas.

A mis hermanos: por su aliento y apoyo en todo momento y ante cualquier circunstancia, porque sé que siempre estarán a mi lado.

A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

AGRADECIMIENTO

Agradecer a Dios por bendecir mi vida, por guiarme a lo largo de mi existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de este sueño, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado.

Agradecer a nuestros docentes de la Universidad Nacional de Piura, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión.

De manera especial a mi tutor de tesis Ing. Carlos Iván Marchena Torres, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

Y a todo el Instituto de Medio Ambiente por su valioso aporte para nuestra investigación, todo mi agradecimiento para las personas que laboran ahí.

INDICE GENERAL

DEDICATORIA	6
AGRADECIMIENTO	7
INDICE DE TABLAS	10
RESUMEN	13
ABSTRACT.....	14
INTRODUCCIÓN	15
CAPÍTULO I ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA.....	17
1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	17
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	17
1.2.1 Problema general	18
1.2.2 Problemas específicos	18
1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	18
1.4 OBJETIVOS	19
1.4.1 Objetivo general.....	19
1.4.2 Objetivos específicos.....	19
1.5 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1 Espacio	19
1.5.2 Tiempo	19
1.5.3 Contenido.....	20
1.5.4 Alcance	20
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.....	20
2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
2.2 . BASES TEÓRICAS.....	22
2.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.....	26
2.4 MARCO REFERENCIAL.....	31
2.5 . HIPÓTESIS.....	45
2.5.1 Hipótesis general.....	45
2.5.2 Hipótesis específica.....	46
2.5.3 Variables e indicadores.....	46
CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO.....	47
3.1 ENFOQUE Y DISEÑO	47
3.2 SUJETOS DE INVESTIGACIÓN	47
3.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EMPLEADO	49
3.4 Aspectos éticos.....	68

3.5	Aspecto Ecológico:	69
3.6	Ventajas y desventajas de la utilización de Biodiesel:	70
3.7	Comparativo de las diferentes propiedades del biodiesel con el diesel convencional	72
3.8	VENTAJAS Y DESVENTAJAS CON RELACIÓN AL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES	73
3.9	PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE BIODIESEL	75
3.10	CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE USADO DE COCINA	79
3.11	Caracterización del biodiesel	84
CONCLUSIONES		91
RECOMENDACIONES		94
BIBLIOGRAFÍA		95
ANEXOS		96

INDICE DE TABLAS

TABLA 01: ESPECIFICACIONES DE CALIDAD PARA EL BIODIESEL.

TABLA 02: PORCENTAJE DE LA MEZCLA DE BIODIESEL B100 CON DIESEL N°2

TABLA 03: TAMAÑO DE LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA BENEFICIADA

TABLA 04: TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN.

TABLA 05: RENDIMIENTO DEL PROCESO DE OBTENCIÓN DE BIODIESEL.

TABLA 06: DETERMINACIÓN DE CO OBTENIDO DE LA COMBUSTIÓN DEL BIODIESEL.

TABLA 07: CALORES DE COMBUSTIÓN

TABLA 08: PROPIEDADES DEL DIESEL

TABLA 09: PROPIEDADES DEL BIODIESEL

TABLA 10: CANTIDAD DE ACEITE VS RENDIMIENTO

TABLA 11: PROPIEDADES FQ DEL ACEITE USADO

TABLA 12: PERFIL DE ACIDOS GRASOS

TABLA 13: CONDICIONES DE OPERACIÓN EMPLEADAS

TABLA 14: PODER CALORIFICO

TABLA 15: PUNTO DE INFLAMACIÓN

TABLA 16: CONTENIDO DE CENIZAS

TABLA 17: AGUA Y SEDIMENTOS

TABLA 18: DENSIDAD

TABLA 19: VISCOSIDAD CINEMÁTICA

TABLA 20: INDICE DE CETANO

INDICE DE FIGURAS

FIGURA 01: EMISIÓN DE GASES DE EFECTO INVERNADERO.

FIGURA 02: ACEITES Y TRIGLICERIDOS.

FIGURA 03: REACCIÓN DE OBTENCIÓN DE BIODIESEL.

FIGURA 04: PREVISIÓN DE DEMANDA DE ELCTRICIDAD.

FIGURA 05: PLANTA BIODIESEL COMÚN

FIGURA 06: PLANTA BIODIESEL PROPUESTA

INDICE DE ANEXOS

ANEXO 01: PLANO DE UBICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA.

ANEXO 02: REACTOR PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PEQUEÑA ESCALA.

ANEXO 03: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS.

ANEXO 04 : EQUIPOS PARA PLANTA

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como finalidad dar a conocer los resultados obtenidos durante la investigación realizada en la Universidad Nacional de Piura (UNP), con la obtención de biodiesel a partir de los aceites residuales generados dentro del campus de la Universidad Nacional de Piura, como una alternativa para reducir las emisiones contaminantes de vehículos diésel a partir de la producción y reciclaje aceites vegetales usados. En este trabajo incluyen el diseño y puesta en marcha de un sistema de reaprovechamiento permanente de los aceites usados del comedor universitario de la UNP así como por los cafetines que dan servicios dentro del campus universitario para la producción de biodiesel y su uso como aditivo ecológico en alguno de los buses de la flota con la que dispone la universidad; un estudio detallado posterior de la oferta de aceites usados en Piura, en particular de establecimientos de comida así como empresas de preparación de chifles, cadenas de supermercados, pollerías y restaurantes en general nos brindará la información para el diseño y próximo establecimiento de una planta piloto para una producción mayor quizás que haga este proyecto altamente rentable para la universidad Nacional de Piura con fines de difusión y transferencia de tecnología así como el compromiso de la universidad con la comunidad y con el medio ambiente. El objetivo general de este trabajo aprovechar los aceites residuales generados en el campus de la UNP además de identificar las condiciones requeridas para hacer viable técnica, económica, social, legal y ambientalmente la producción de biodiesel a pequeña y mediana escala en otras zonas urbanas del país, así como hacer de la Universidad Nacional de Piura una universidad ambientalmente sostenible a la par con los avances de la tecnología y el compromiso de cuidar nuestro medio ambiente.

PALABRAS CLAVE: Biodiesel, reciclaje, aceites usados.

ABSTRACT

The purpose of this research work is to present the results obtained during the research carried out at the National University of Piura (UNP), with the obtaining of biodiesel from the residual oils generated within the campus of the National University of Piura, as an alternative to reduce pollutant emissions from diesel vehicles from the production and recycling of used vegetable oils. This work includes the design and implementation of a system of permanent reuse of used oils from the university canteen of the UNP as well as the cafeterias that provide services within the university campus for the production of biodiesel and its use as an ecological additive in one of the buses in the fleet with which the university has; A detailed later study of the supply of used oils in Piura, in particular of food establishments as well as preparation companies for chifles, supermarket chains, pollerias and restaurants in general will provide us with the information for the design and next establishment of a pilot plant For a larger production, it may make this project highly profitable for the National University of Piura for dissemination and technology transfer purposes, as well as the university's commitment to the community and the environment. The general objective of this work is to take advantage of the residual oils generated on the UNP campus, in addition to identifying the conditions required to make the production of small and medium scale biodiesel viable in other urban areas of the country technically, economically, socially, legally and environmentally. , as well as making the National University of Piura an environmentally sustainable university along with the advances in technology and the commitment to take care of our environment.

KEY WORDS: Biodiesel, recycling, used oils.

INTRODUCCIÓN

La mayor parte de la energía que se necesita para hacer funcionar los motores de combustión interna (MCI) en todo el mundo proviene del petróleo. Debido al agotamiento de este recurso no renovable, con mayor frecuencia se hace necesaria la búsqueda de combustibles alternativos que sustituyan a los tradicionales, utilizados en el transporte público y en motores estacionarios. Los combustibles alternativos utilizados en motores de combustión interna son el biodiesel (BD) y el etanol (Alvarez, 2013).

El uso de combustibles fósiles genera una gran cantidad de emisiones de gases de efecto invernadero (CO_2 y CO) hacia la atmósfera, además de producir óxidos de nitrógeno (NO_x) y óxidos de azufre (SO_x) como resultado de la combustión. La extracción de los combustibles fósiles también provoca derrames de petróleo y combustibles en el mar abierto causando un impacto negativo al medio ambiente. Por estas razones la obtención de combustibles alternativos ha recobrado un interés económico, social y ambiental a nivel mundial, mediante la búsqueda de técnicas sustentables que permitan la obtención de biocombustibles a bajo costo y con parámetros de calidad aceptables por la comunidad mundial. Debido a la búsqueda de estas técnicas surge este proyecto de investigación por la necesidad existente de buscar alternativas energéticas capaces de sustituir o minimizar el consumo de combustibles fósiles, como consecuencia de la escasez de este tipo de combustibles. Otra de las razones para realizar este proyecto se debe a que los combustibles fósiles generan una gran cantidad de contaminantes atmosféricos, causantes del cambio climático y lluvia ácida. Y es por esta razón que se buscan combustibles alternativos como el biodiesel obtenido a partir de aceites usados. Asimismo, tienen un impacto económico positivo, dando independencia energética y mejorando la competitividad. En lo ambiental, contribuyen a la reduciendo la contaminación atmosférica, generando subproductos

reutilizables y biodegradables. En lo social, ayudan al crecimiento y diversificación de la economía rural y calidad de vida.

La importancia de producir biodiesel radica en la reducción de las emisiones generadas por la combustión. Con este procedimiento, se tienen reducciones netas de CO₂ del 100%, además de reducciones de SO_x cercanas al 100% debido a la ausencia de azufre en el biodiesel, de hollín entre 40-60%; de CO entre 10-50%; de HC entre 10-50%; y de aldehídos y compuestos poliaromáticos en torno a 13%.

CAPÍTULO I ASPECTOS DE LA PROBLEMÁTICA

1.1 DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA.

En el comedor universitario de la UNP, Así como en los diferentes cafetines que existen dentro del campus universitario, un buen porcentaje de los aceites residuales que estos generan después de realizar los diferentes tipos de preparación de comida a las que se dedican actualmente son descargadas directamente al sistema de alcantarillado, lo que genera un problema de contaminación a las aguas residuales que posteriormente serán tratadas. Esto hace evidente la necesidad de recolectar y transportar los aceites residuales a un sitio apropiado para su tratamiento y disposición final con la finalidad de disminuir el impacto que estos generan ya sea al suelo o al agua a la que son vertidos generalmente

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

¿Sería viable la recolección de aceite reciclado para la elaboración del biodiesel del campus de la Universidad Nacional de Piura para disminuir la contaminación por el uso de combustibles fósiles? ¿Y qué impacto produciría en la población universitaria?

Actualmente el consumo de combustibles presenta un crecimiento importante por la dependencia petrolera que se ha generado en todos los países a nivel mundial, provocando una gran cantidad de contaminación emitida hacia la atmósfera y con la que se ha favoreciendo el efecto invernadero, considerando además que estos carburantes no son renovables.

Adicionalmente, se tratará de investigar la cantidad de aceites usados en los diferentes cafetines y en el comedor de nuestra universidad para ver si es factible su uso y aprovechamiento de los mismos en los vehículos y buses de la universidad para disminuir el uso de combustibles tradicionales, así como reducir la contaminación ambiental.

1.2.1 Problema general

Ausencia de una alternativa para el tratamiento ecológico de aceites comestibles residuales en el campus de la Universidad Nacional de Piura.

1.2.2 Problemas específicos

- Enfermedades respiratorias agudas por la presencia de malos olores en la población circundante a zonas de descarga de aguas residuales con niveles altos de grasas.
- Contaminación del suelo debido a los desechos de aceites residuales que pueden ser desechados indiscriminadamente.
- Contaminación del agua debido al desecho de aceites residuales provenientes de las actividades de preparación de comidas.
- Uso de combustibles tradicionales que generan contaminación e incrementan el efecto invernadero.

1.3 JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN

“Los principales problemas de contaminación se deben principalmente a la contaminación del aire, agua y suelo.

A la fecha el consumo de combustibles contempla un crecimiento importante, pero lamentablemente va de la mano con la industria petrolera, siendo uno de los principales causantes de los procesos de contaminación atmosférica y contribuyendo al efecto invernadero, de forma adicional como es de conocimiento del público que estos carburantes no entran en la definición de renovables.

Los aceites usados transesterificados se presentan entonces como una alternativa de combustibles limpios para ser utilizados como aditivos para el diésel 2 en los buses de la

universidad, sin reducir significativamente su rendimiento ni afectar las propiedades mecánicas del motor (Zingg,2003).

Esto reduciría sustancialmente las emisiones de CO x, material particulado e hidrocarburos (Canakci y Van Gerpen, 2001). Así como las SOx, debido a que no contiene azufre en su composición (Sheehan, etal, 1998).A la vez se reduciría al disposición de estos aceites ya que se aprovecharían y evitar el daño que generan al medio ambiente.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

Buscar una alternativa ecológica que reemplace parcialmente el uso de combustibles fósiles. Además de aprovechar los aceites usados provenientes del comedor universitario, así como de los cafetines, en la elaboración de Biodiesel.

1.4.2 Objetivos específicos.

- Desarrollar y evaluar el mejor procedimiento para la elaboración de biodiesel.
- Caracterizar el mejor aceite vegetal utilizado en la obtención de biodiesel.
- Determinar las mejores variables de procesamiento (tiempo, catalizador, temperatura, etc.) para obtener el mejor biodiesel.
- Evaluar las propiedades del biodiesel obtenido según las normas técnicas.

1.5 DELIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1 Espacio

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo en el campus de la Universidad Nacional de Piura del distrito de Castilla, en la provincia de Piura, departamento de Piura.

1.5.2 Tiempo

Este trabajo se inició en abril del año 2019 y se pretende concluirlo en setiembre del 2019, con la sustentación del mismo.

1.5.3 Contenido

Este trabajo consta del estudio de la mejor propuesta de tratamiento del aceite residual, así como el diseño y construcción de un sistema de tratamiento de aceites residuales para la obtención de biodiesel.

1.5.4 Alcance

El alcance de este proyecto es Identificar la mejor propuesta para el tratamiento de los aceites residuales que se generan en los diferentes cafetines, así como el comedor universitario que existe dentro del campus de la universidad nacional de Piura, considerando que se van a procesar con la finalidad de reducir su nivel de contaminación de agua y suelo de los mismos. La propuesta de selección y construcción de una pequeña planta también contempla las estructuras que permitan el correcto funcionamiento de la misma.

CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO.

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A. CASTILLO VERGARA, Benson Neil, Trujillo 2017. UNT.

“APROVECHAMIENTO DE LOS DESECHOS DE ACEITES VEGETALES GENERADOS POR EL COMEDOR UNIVERSITARIO DE LA UNT PARA LA PRODUCCIÓN DE BIODIESEL”

Breve comentario:

La tesis fue elaborada en respuesta al estado actual del tratamiento del agua residual en el Perú. Durante los últimos tres años se ha podido observar y comparar experiencias en el

alcantarillado de distintas partes del Perú, por las cuales los aceites vertidos al sistema de alcantarillado generan un problema muy grande a todos los sistemas de tratamiento de aguas residuales, gracias a este proyecto se pretende minimizar las deficiencias que presentan estos sistemas, así como disminuir la contaminación que generan los combustibles fósiles y proponer mejoras específicas y generales.

Esta investigación tiene como objetivo plantear una alternativa de solución para el Saneamiento nacional, teniendo como base experiencias exitosas en otras partes del mundo. Este trabajo es una contribución técnica, que reconoce una propuesta de ingeniería exitosa que incluye en el diseño y operación los aspectos social, económico y ambiental (Allenby, 2007). Para ello se trabajó con una metodología exhaustiva y ordenada.

B. PAULA CASTRO PAREJA, INVESTIGADORA, ITDG UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA.

➤ **PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PEQUEÑA ESCALA A PARTIR DE ACEITES USADOS EN LA CIUDAD DE LIMA – Lima 2018.**

Breve comentario:

El proyecto de investigación denominado **“PRODUCCIÓN DE BIODIESEL A PEQUEÑA ESCALA A PARTIR DE ACEITES USADOS EN LA CIUDAD DE LIMA”**. Con el cual se busca principalmente mejorar los niveles de contaminación que generan los aceites residuales a las aguas.

Un equipo técnico de Intermediate Technology Development Group (ITDG) y la Universidad Nacional Agraria La Molina (UNALM) viene estudiando el biodiesel como una alternativa para reducir las emisiones contaminantes de vehículos diesel a partir de su producción reciclando aceites vegetales usados. Los avances de este trabajo incluyen el diseño y puesta en marcha de un sistema de reaprovechamiento permanente de los aceites usados del comedor universitario de la UNALM para la producción de biodiesel y su uso

como aditivo ecológico en uno de los buses de la flota de buses de la universidad; un estudio de oferta de aceites usados en Lima, en particular de establecimientos de comida rápida, fábricas de bocaditos fritos, cadenas de supermercados, pollerías y restaurantes en general; el diseño y próximo establecimiento de una planta piloto para la producción de 1 ton/día de biodiesel en Lima con fines de difusión y transferencia de tecnología. El objetivo final de este trabajo es identificar las condiciones requeridas que hagan viable – técnica, económica, social, económica, legal y ambientalmente – la producción de biodiesel a pequeña y mediana escala en zonas urbanas del Perú.

2.2 . BASES TEÓRICAS

En el presente trabajo de investigación se analiza la posibilidad que se implementen mecanismos, a través de los cuales se lleve a cabo el reciclaje o la reutilización de los aceites vegetales que se desechan de manera cotidiana como resultado de las actividades que realiza el comedor universitario, así como los diferentes cafetines que existen dentro del campus universitario en los que se emplea aceites vegetales usados con la finalidad de obtener biocombustibles , con el propósito de que el uso de estos sirva como alternativa de obtención de energía, para a largo plazo disminuya el uso de combustibles fósiles debido a que la combustión de estos está ocasionando una serie de problemáticas al medio ambiente sobre todo con relación al calentamiento global, aunado a la contaminación del aire, del agua y del suelo. La combustión de combustibles derivados del petróleo del gas o del carbón está produciendo cantidades gigantescas de dióxido de carbono, que son los principales causantes de dicha problemática ambiental (Cañete, 2009).

“Es así que se propone la elaboración de biocombustibles, que sean más compatibles con la protección del medio ambiente y que no sean contaminantes como los combustibles fósiles. Además se espera que su obtención sea a partir de aceites domésticos de naturaleza vegetal, para evitar que se desechen en grandes cantidades al medio ambiente, impidiendo de igual

forma la posibilidad de que dichos aceites de desecho contaminen el agua y el suelo.”
(Cañete, 2009)

Debe extenderse el uso de los biocombustibles como alternativa a la utilización de “También llamados biocarburantes, los biocombustibles son una mezcla de diferentes hidrocarburos que se unen formando una sustancia (combustible), que se deriva de la biomasa la cual, a través de un proceso biológico espontaneo o provocado se puede sacar provecho como una fuente de energía, ya sea energía eléctrica (en el sector de abastecimiento de ciudades) o en forma líquida (en el sector motorizado y de transporte).”
(<http://biocombustibles2012.blogspot.com>, 2012).

Los biocombustibles están compuestos de 4 generaciones:

➤ **PRIMERA GENERACION**

En esta generación se toma como base los productos agrícolas conformándolo de las partes alimenticias de las plantas ya que en ellas hay un alto contenido de azúcares, almidones y aceites; como por ejemplo el jugo de la caña de azúcar, granos de maíz, jugo de remolacha o betabel, aceite de girasol, aceite de soya, aceite de palma, aceite de ricino, aceite de coco, aceite de semilla de algodón, aceite de maní o cacahuete, entre otros.

También se puede obtener gracias a las grasas animales, grasas de aceite y desperdicios sólidos orgánicos. Los biocombustibles son producidos empleando tecnología convencional como la fermentación (para azúcares y carbohidratos), transesterificación (para los aceites y las grasas), y la digestión anaerobia (para los desperdicios orgánicos). De estos procesos se obtiene el etanol, metanol, y n-butanol(a partir de azúcares), biodiesel (a partir de los aceites), y biogás (mezcla de metano y anhídrido carbónico, también conocidos como gas natural y dióxido de carbono respectivamente, obtenida a partir de los desperdicios orgánicos).

➤ SEGUNDA GENERACION

En esta generación se toma como base los residuos agrícolas y forestales compuestos de celulosa, como por ejemplo el bagazo de la caña de azúcar, el rastrojo de maíz (tallos, hojas y olote), paja de trigo, aserrín, hojas y ramas secas de árboles.

Los procesos de producción tienen un alto nivel de complejidad, entre los que se destacan la sacarificación-fermentación y el proceso GTL (Gas To liquids) y proceso BTL (Biomass To Liquids), los cuales consisten en la gasificación del carbón y de la materia lignocelulósica de la biomasa, para después sintetizar algún combustible líquido como el etanol. Mediante los procesos de segunda generación se fabrica el etanol, metanol, gas de síntesis (mezcla de anhídrido carbonoso, más conocido como monóxido de carbono, e hidrógeno) biodiesel, 2,5-dimetilfuran (DMF) entre otros.

➤ TERCERA GENERACION

En esta generación se toma como base vegetal no alimenticio de crecimiento rápido ya que estos contienen una alta densidad energética almacenada en sus componentes químicos, por lo cual son denominados como “cultivos energéticos”; como por ejemplo pastos perennes, árboles y plantas de crecimiento rápido, y las algas verdes o verdeazules.

La obtención de biocombustibles se encuentra en etapa de desarrollo, sin embargo, se ha podido producir biodiesel y etanol, a nivel de planta piloto.

➤ CUARTA GENERACION

En esta generación se toma como base la producción a través de bacterias genéticamente modificadas, las cuales emplean anhídrido carbónico (CO_2) o alguna otra fuente de carbono para la obtención de los biocombustibles. A diferencia de las otras generaciones en las que también se pueden implementar bacterias y organismos genéticamente modificados como insumo para realizar alguna parte de los procesos, en esa generación, la bacteria es la encargada de toda la producción del biocombustible.

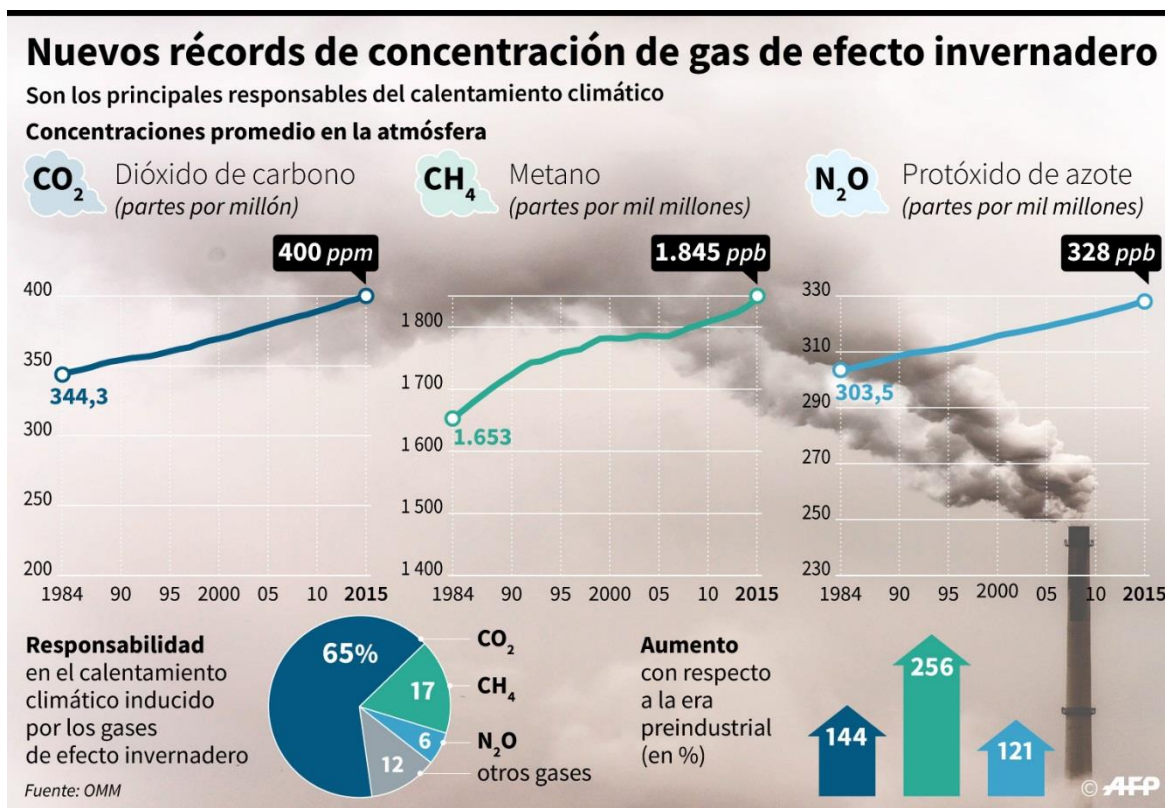
Actualmente esta generación de combustibles se encuentra en fase teórica, solo se conoce la posible ruta de síntesis del etano a partir del anhídrido carbónico, sin embargo, depende totalmente de la información genética de una bacteria artificial y puede tener limitaciones termodinámicas importantes.

Como es sabido, la humanidad ha hecho uso de la biomasa por varios miles de años. El uso directo de la misma sin procesamiento alguno podría constituir una generación Cero de los biocombustibles, entre los cuales se pueden mencionar a la leña, la paja de trigo, el rastrojo de otras plantas de cultivo, el estiércol del ganado y el carbón vegetal.

Teniendo en cuenta que los biocombustibles son cualquier tipo de combustible en cualquier estado (líquido, sólido, gaseoso) que se crea a base de biomasa (materia orgánica de origen animal o vegetal) tiene como derivados El bioetanol, el metanol, el biodiesel y el biogás.

➤ PROBLEMÁTICA AMBIENTAL

Fig. 01. Emisión de gases de efecto invernadero



FUENTE: Organización de las Naciones Unidas.

La principal problemática ambiental que deriva de los combustibles fósiles consiste en que la combustión de éstos genera contaminación atmosférica del aire, agua, suelo y el fenómeno del calentamiento global.

El reciclaje ayuda al medio ambiente por que conserva los recursos naturales y la energía, ahorra espacio en los rellenos sanitarios y evita la contaminación del aire y agua.

Una buena gestión de los residuos sólidos y líquidos debe favorecer el reciclaje y la utilización de materiales recuperados como fuente de energía o materias primas, a fin de contribuir a la preservación y uso racional de los recursos naturales.

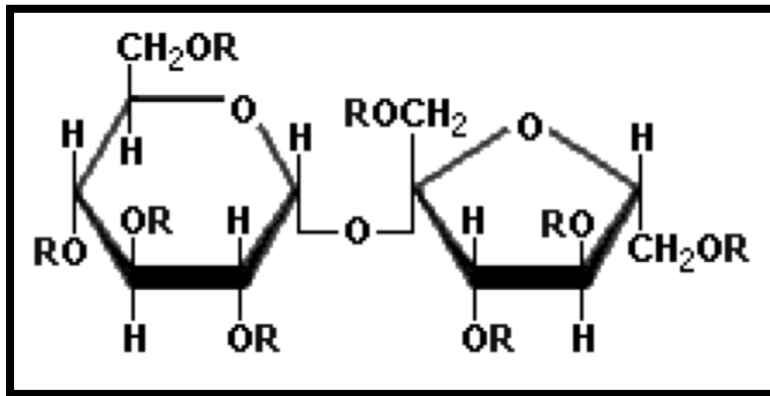
2.3 GLOSARIO DE TÉRMINOS BÁSICOS.

2.3.1 Aceite vegetal:

Químicamente los aceites vegetales son ésteres de ácidos grasos y glicerol.

Los ácidos grasos son ácidos carboxílicos (radical COOH) de largas cadenas lineales. Algunos de ellos son saturados y algunos contienen uno o más dobles enlaces. El glicerol es un trioxialcohol 1, 2,3 propano triol (Mortimer, 1983)

Fig. 02 Aceite o triglicéridos



Fuente: fernraka.wordpress

2.3.2 Biogás:

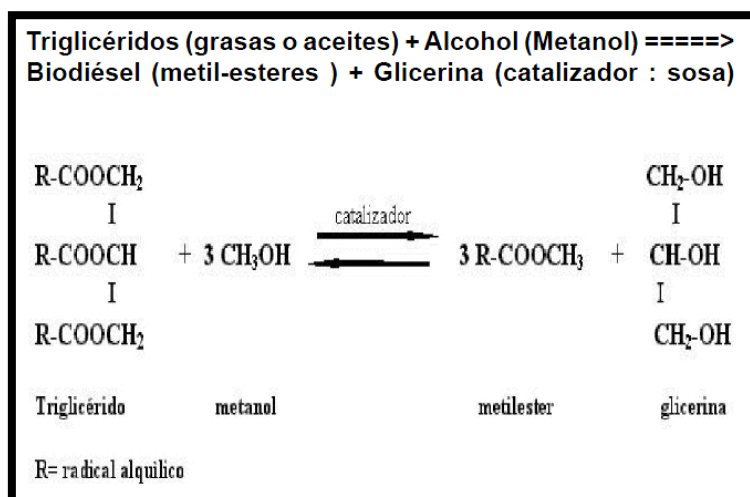
Con el termino biogás, se define la mezcla de gases constituida básicamente por CH₄ y CO₂, que se obtiene como producto final de la digestión anaeróbica de compuestos orgánicos, es decir , a través de la biodegradación de la materia orgánica mediante una acción específica de bacterias metanogénicas. Básicamente se usa un sistema llamado biodigestor que ayuda a transformar el estiércol en biogás y fertilizante. El compuesto del biogás lo podemos encontrar en el estiércol de los animales como el de las gallinas (60%) el de los cerdos (67%) el estiércol de establo (55%) el pasto (70%) y los desperdicios de cocina (50%), ya que en ellos se encuentra una gran cantidad de metano (CH₄).

2.3.3 Biodiesel:

Es un biocarburante líquido que está preparado a base de aceites vegetales y grasas animales, siendo la colza , el girasol y la soja las materias primas más utilizadas para este fin. Las materias primas utilizadas convencionalmente en la producción de

biodiesel, han sido los aceites de semillas oleaginosas como el girasol y la colza, la soja y el coco, y los aceites oleaginosos como la palma 3, ya que estos recursos son de fácil manejo y gran porcentaje de propiedades para biocombustibles, gracias a los aceites que el girasol posee.

Fig.03 Reacción de Obtención de Biodiesel



Fuente: <http://ginethriveros823.blogspot.com/2016/04>

2.3.4 Alcohol Carburante:

Es el Etanol Anhidro Desnaturalizado, obtenido de la mezcla del Etanol Anhidro con la Sustancia Desnaturalizante en una proporción volumétrica no inferior a 2% (dos por ciento) ni superior a 3% (tres por ciento) en el caso de ser gasolina motor sin contenido de plomo.

2.3.5 Bases de Mezcla:

Son las gasolinas de 97, 95, 90, 84 octanos y otras que se encuentren autorizadas para su comercialización en el país así como el Diesel N° 2, cuyas calidades se establecen en las Normas Técnicas Peruanas correspondientes. Queda prohibido utilizar el Diesel N° 1 para mezclarlo con el Biodiesel B100.

2.3.6 Diesel BX:

Es la mezcla que contiene Diesel N° 2 y Biodiesel B100, donde X representa el porcentaje en base volumétrica de Biodiesel B100 contenido en la mezcla; siendo el diferencial volumétrico el porcentaje de Diesel N° 2.

2.3.7 Biodiesel B100:

Biodiesel puro, sin mezcla alguna, que cumple las especificaciones establecidas en las Normas Técnicas Peruanas o, mientras éstas no sean aprobadas, la norma ASTM D 6751-06 en su versión actualizada o las correspondientes normas internacionales.

Etanol:

Es el alcohol etílico cuya fórmula química es $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-OH}$ y se caracteriza por ser un compuesto líquido, incoloro, volátil, inflamable y soluble en agua. Para los efectos de este Reglamento se entiende como el alcohol obtenido a partir de caña de azúcar, sorgo, maíz, yuca, papa, arroz y otros cultivos agrícolas.

2.3.8 Etanol Anhidro:

Tipo de alcohol etílico que se caracteriza por tener como máximo 0,5% (cero coma cinco por ciento) de humedad y por ser compatible con las gasolinas con las cuales se puede mezclar para producir un combustible oxigenado para uso motor.

2.3.9 Gasohol:

Es la mezcla que contiene gasolina (de 97, 95, 90, 84 octanos y otras según sea el caso) y Alcohol Carburante.

2.3.10 Sustancia Desnaturalizante:

Gasolina natural, componentes de gasolina, gasolina sin plomo u otras sustancias añadidas al Etanol Anhidro, en una concentración volumétrica no inferior a 2% (dos por ciento) ni superior a 3% (tres por ciento) para convertirlo en no potable y evitar que sea destinado a usos diferentes al de componente oxigenante de combustibles para uso motor.

2.3.11 Molino de aceite.

Los productos obtenidos son: Aceite vegetal crudo, Harina de alto contenido proteico (soja). El aceite crudo es posteriormente procesado, transformado en BIODIESEL y glicerol, y la harina se vende como alimento para animales, eventualmente después de un proceso de estabilización de enzimas y acondicionamiento.

2.3.12 Unidad de refinamiento y transesterificación.

Esta unidad produce el filtrado y remoción, catalítica o por destilación, de ácidos grasos libres. El producto es aceite vegetal refinado y sin ácidos, que constituye el material de alimentación para la:

2.3.13 Unidad de transesterificación.

En esta etapa del proceso el aceite es transformado catalíticamente, mediante agregado de metanol o etanol con el catalizador previamente mezclado, en metil o etiléster y glicerol.

2.3.14 Unidad de purificación y concentración de glicerol.

Consiste en una etapa de filtrado y purificación química, un equipo de concentración del glicerol, y el posterior almacenamiento del glicerol puro.

2.3.15 Transesterificación

El aceite con ácidos y gomas eliminados (parte refinada) se transforma en metil o etiléster por medio de un proceso catalítico de etapas múltiples, utilizando metanol o etanol (10% de la cantidad de aceite a ser procesado). El metiléster crudo se refina posteriormente en un lavador en cascada.

Si el producto se utiliza como combustible para motores, no necesita el proceso de destilación pero puede ser fácilmente integrado en el esquema de proceso si se desea un metiléster de calidad química.

2.3.16 Refinamiento del glicerol

El proceso de transesterificación produce como subproducto derivado aproximadamente 10 % de glicerol. Este glicerol en bruto contiene impurezas del aceite en bruto, fracciones del catalizador, mono y diglicéridos y restos de metanol. Con el objeto de venderlo en el mercado internacional debe ser refinado para llegar a la calidad del glicerol técnico o, con una posterior destilación, a la del glicerol medicinal (99,8%).

2.4 MARCO REFERENCIAL

2.4.1 MARCO REFERENCIAL HISTÓRICO

La Universidad Nacional de Piura fue creada por la Ley 13531 del 03 de marzo de 1961 y tiene su sede en el departamento de Piura. Tiene autonomía académica, normativa, administrativa y económica dentro de la Ley. Imparte educación superior gratuita conforme a la Constitución Política del Perú, y concibe a la educación superior como una etapa de la formación integral del hombre orientada a su máxima realización.

Actualmente la Universidad nacional de Piura cuenta con 14 facultades y 32 escuelas profesionales, así como cuenta con un promedio de 15000 alumnos de pregrado. (Sunedu, 2018)

2.4.2 MARCO REFERENCIAL GEOGRÁFICO

La universidad nacional de Piura, está ubicada en el distrito de Castilla, específicamente en la urbanización Miraflores s/n.

El proyecto se ejecutó en el campus universitario de la Universidad Nacional de Piura (UNP) y las instalaciones del Comedor Universitario. Ver Anexo 01: Plano del Campus Universitario- Zonificado.

2.4.3 MARCO LEGAL, POLÍTICAS Y ESTRATEGIAS DEL SECTOR BIOCOMBUSTIBLES

MARCO LEGAL

El Perú cuenta con un marco legal general, aún en proceso de mejora, que ha permitido el inicio del desarrollo de la industria de biocombustibles. Este marco consta actualmente de:

- Ley 28054: Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, de agosto del 2003. - D.S. 013–2005–EM: Reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de Biocombustibles, de marzo del 2005. - D.S. 021–2007–EM: Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, de abril del 2007. - Directiva 004-2007-PROINVERSIÓN: Lineamientos del Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles – PROBIOCOM, de marzo del 2007.

La Ley 28054 establece en su Artículo 1 “el marco general para promover el desarrollo del mercado de los biocombustibles sobre la base de la libre competencia y el libre acceso a la actividad económica, con el objetivo de diversificar el mercado de combustibles, fomentar el desarrollo agropecuario y agroindustrial, generar empleo, disminuir la contaminación ambiental y ofrecer un mercado alternativo en la lucha contra las drogas”. El Reglamento publicado en el 2005 intenta concretar aspectos sobre los porcentajes de mezcla y cronogramas de aplicación; normas técnicas de calidad; registro y autorizaciones para productores y comercializadores; lugares de mezcla; promoción de cultivos para biocombustibles; promoción del desarrollo de tecnologías; y el Programa de Promoción del Uso de los Biocombustibles. Sin embargo, este Reglamento contenía varios aspectos susceptibles de ser mejorados, tales como la falta de definición de las autoridades competentes de su cumplimiento; un cronograma de aplicación y uso de biodiésel y etanol que respondía más al criterio de oferta de cultivos para biocombustibles que a la demanda por los biocombustibles; falta de claridad acerca de si el uso de las mezclas de

biocombustibles era obligatorio o voluntario; importantes limitaciones acerca de quiénes estaban autorizados a comprar biodiesel y alcohol carburante no mezclados (solo los distribuidores mayoristas de combustibles líquidos registrados en el Ministerio de Energía y Minas (MEM), que implicaban restricciones a su compra por consumidores directos y a su difusión en general; indefinición acerca de si el biodiesel y el etanol carburante estarían afectos al Impuesto Selectivo al Consumo (ISC). Por otro lado, no se llegó a cumplir con los cronogramas de aplicación y uso de los biocombustibles establecidos por el Reglamento, por lo que se decidió elaborar un nuevo reglamento sobre la comercialización de los biocombustibles. En abril del 2007 se aprobó el Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles, el cual, si bien no reemplaza totalmente al Reglamento de la Ley descrito anteriormente, sí mejora substancialmente varios puntos críticos que dificultaban iniciativas y emprendimientos, derogando y reemplazando artículos específicos del mismo. Este nuevo Reglamento establece:

- Nuevas normas que regulan la comercialización y distribución de biocombustibles puros y sus mezclas con combustibles líquidos derivados de los hidrocarburos.
- Normas técnicas de calidad específicas que se deberán cumplir hasta que se desarrollen las Normas Técnicas Peruanas respectivas.
- Normas para el registro de las mezclas de biocombustibles con combustibles derivados de los hidrocarburos ante la Dirección General de Hidrocarburos.
- Un nuevo cronograma para la comercialización de los biocombustibles y sus mezclas.

Las principales novedades y mejoras que incorpora este Reglamento para la Comercialización de Biocombustibles son:

- Definiciones: se mejoran las definiciones del biodiesel y el etanol anhidro.
- Porcentajes de mezcla: para el caso del biodiésel, se contempla la comercialización de mezclas que contengan 2% de biodiésel en 98% de diesel (Diesel B2), 5% de biodiésel en 95% de diesel (Diesel B5), 20% de biodiésel en 80% de diesel (Diesel B20). No está permitida la comercialización de mezclas en proporciones diferentes. Para el etanol, el porcentaje de mezcla sigue fijo en 7,8% (gasohol).

- Cronograma para la comercialización de las mezclas de biocombustibles: se aclara la obligatoriedad del uso de mezclas: se establece que a partir de abril del 2007 será posible comercializar biodiésel puro y Diesel B20 a los consumidores directos autorizados por la Dirección General de Hidrocarburos, así como Diesel B2 y gasohol en todo el país; desde el 1ro de enero del 2009 será obligatoria la comercialización del Diesel B2 en reemplazo del Diesel N° 2; desde el 1ro de enero del 2010 será obligatorio el uso de gasohol en reemplazo de las gasolinas; y desde el 1ro de enero del 2011 será obligatoria la comercialización del Diesel B5 en reemplazo del Diesel B2.

Compradores autorizados y lugares de mezcla: se mantiene la restricción referida a que son los distribuidores mayoristas los únicos autorizados para comprar Biodiesel B100 y Alcohol Carburante para su mezcla con Diesel N° 2 y gasolinas y su posterior comercialización. Se abre, sin embargo, la posibilidad de que las empresas productoras de biocombustibles puedan vender a consumidores directos autorizados, para lo cual deberán registrarse como distribuidores mayoristas sin la obligación de tener un volumen mínimo de ventas ni una existencia mínima media mensual.

- Normas técnicas de calidad: se establecen las normas técnicas de calidad para el Biodiesel B100 y el Alcohol Carburante que se utilizarán hasta que INDECOPI emita las normas técnicas peruanas respectivas.

- Autoridades competentes: Se definen las siguientes autoridades competentes:

- o El MEM, a través de la Dirección General de Hidrocarburos, está encargado de otorgar registros y autorizaciones para la comercialización de los biocombustibles y sus mezclas.
- o El Organismo Supervisor de la Inversión de Energía y Minería (OSINERGMIN) debe fiscalizar la comercialización, transporte y calidad de los biocombustibles y sus mezclas.
- o El Ministerio de la Producción otorga las autorizaciones para la instalación y funcionamiento de plantas productoras de biocombustibles.
- o El Ministerio de Agricultura identifica y promueve las áreas disponibles con aptitud agrícola para la producción de biocombustibles.

En enero del 2007 se instaló el Subcomité de Normalización de Biocombustibles, liderado por el INDECOPI, para definir las normas técnicas para el biodiésel y etanol. El coordinador de este grupo de trabajo es PROINVERSIÓN, y su secretaría técnica recae sobre el Ministerio de Energía y Minas. Actualmente ya se cuenta con un Proyecto de Norma Técnica Peruana para el Biodiesel (PNTP 321.125), el cual sin embargo aún no ha sido aprobado por el INDECOPI. Por su parte, la preparación de la NTP para el etanol carburante se ha iniciado en marzo del 2008. Por otro lado, PROINVERSIÓN, mediante la Resolución del Director Ejecutivo N° 014-2007 de marzo del 2007 aprobó los Lineamientos del Programa de Promoción del Uso de Biocombustibles (PROBIOCOM), estableciendo grupos de trabajo interinstitucionales para las diversas tareas relacionadas con la promoción de los biocombustibles. Este programa tiene por objeto «promover las inversiones para la producción y comercialización de biocombustibles, así como, difundir las ventajas económicas, sociales y ambientales de su uso». Dicha Resolución estableció los siguientes grupos de trabajo en el marco de PROBIOCOM (cuyos avances, sin embargo, aún no son conocidos): - Grupo I: Promoción del consumo y aspectos tributarios - coordinado por CONAM y conformado por MEM, PETROPERÚ, MEF y DEVIDA. - Grupo II: Normas técnicas y ensayos sobre mezclas - coordinado por PROINVERSIÓN y conformado por MEM y PETROPERÚ. - Grupo III: Reglamento de comercialización y competencias - coordinado por MEM y conformado por OSINERGMIN, PRODUCE y MINAG. - Grupo IV: Exploración agrícola y asociatividad - coordinado por MINAG y conformado por PROINVERSIÓN, CONAM y Programa Sierra Exportadora. - Grupo V: Desarrollo tecnológico y cooperación internacional - coordinado por PRODUCE y conformado por MINAG, CONCYTEC, DEVIDA y Programa Sierra Exportadora.

Políticas y estrategias

Las políticas y estrategias relacionadas con el desarrollo de los biocombustibles en el Perú están dadas, principalmente, por el marco legal descrito en los párrafos anteriores. La Ley de Promoción del Mercado de los Biocombustibles intenta establecer una política para la promoción del mercado de biocombustibles y para la diversificación del mercado de combustibles, fomento del desarrollo agropecuario y agroindustrial, generación de empleo, disminución de la contaminación ambiental y desarrollo de un mercado alternativo en la lucha contra las drogas. Sin embargo, las medidas establecidas en la ley y sus reglamentos no responden necesariamente a estos objetivos (Sánchez y Orrego, 2007). Si los biocombustibles se van a desarrollar a partir de inversión privada, los proyectos irán determinados por su rentabilidad, y no por los objetivos que marca la ley. Para lograr estos objetivos, el Estado deberá influir sobre el tipo de diseño de los proyectos y el accionar de los inversionistas privados, ya sea mediante regulaciones específicas o mediante incentivos, los cuales aún no están definidos. Asimismo, deberá fijar indicadores de desempeño para evaluar la eficiencia con la que se cumplen dichos objetivos. Esto presenta dificultades. Es lógico que cualquier nueva actividad – agrícola e industrial – genere empleo. El asunto es, sin embargo, qué tipo de empleo, de qué calidad y con qué niveles de ingreso. Se introduce entonces una variable de carácter económico y social que podría ser objeto de cuestionamiento respecto de los resultados de la ley

Por otro lado, el impacto favorable de los biocombustibles sobre la reducción de la contaminación no será muy significativo con las metas de mezcla establecidas de 7,8% de etanol en las gasolinas y de 5% de biodiésel en el diesel, más aun considerando que este objetivo de la Ley no está coordinado con acciones sobre el transporte que influyan en la naturaleza contaminante del actual parque automotor. Hay que considerar, además, los impactos que podría causar el crecimiento acelerado de los monocultivos de caña de azúcar y palma aceitera sobre la disponibilidad y calidad del agua, la biodiversidad, la calidad del

suelo, entre otros aspectos ambientales. Pese a que el marco legal establece requisitos ambientales para la instalación de cultivos para biocombustibles, ya se están presentando conflictos por el uso de las aguas y la tenencia de las tierras, como veremos en las siguientes secciones. En cuanto al objetivo de la sustitución de cultivos de coca, para su cumplimiento se estaría condicionando geográficamente el lugar de los cultivos, sin considerar aspectos importantes para garantizar la producción de biocombustibles, tales como aptitud de los suelos para los nuevos cultivos y disponibilidad de infraestructura adecuada para su acopio, transporte y procesamiento. Es cierto que el Reglamento da énfasis al rol de DEVIDA como promotor de inversiones en biocombustibles en las zonas de desarrollo alternativo, pero para los inversionistas las consideraciones de carácter logístico y de calidad del recurso primarán. El objetivo de desarrollo agroindustrial tampoco queda claro. Para asegurar la rentabilidad de los cultivos energéticos, se requiere de una agricultura extensiva e intensiva, es decir, grandes áreas de cultivo, mecanización, buena calidad de la tierra, alta cantidad de inputs. En un país donde la mayor parte de la tierra se encuentra dividida en minifundios, y con sistemas de tenencia de tierras muy variados, esto significaría, ya sea implementar sistemas muy eficientes de asociatividad de pequeños agricultores, o que medianas y/o grandes empresas adquieran grandes extensiones de tierras constituyendo latifundios bioenergéticos, lo cual podría crear serios conflictos sociales (agricultores sin tierra, incremento de pobreza rural) y por el uso del agua. Se necesita contar con mecanismos que regulen el mercado de tierras y que minimicen los conflictos sociales que su desarrollo pudiera acarrear. El objetivo de diversificar la disponibilidad de combustibles, finalmente, tampoco queda totalmente claro, ya que los porcentajes de mezcla propuestos son bajos y porque además existen otras alternativas (gas natura vehicular) que están recibiendo tanto o mayor apoyo y con las cuales los biocombustibles compiten directamente. Los objetivos de la política de promoción de los biocombustibles en el Perú, pues, son diversos y hasta contradictorios entre sí y con respecto

a las medidas específicas planteadas. Carecen además de indicadores de desempeño para medir la eficacia de la Ley y sus impactos esperados en el desarrollo sostenible (Sánchez y Orrego, 2007). Además de fijar cronogramas y porcentajes de mezcla obligatorios que crean un mercado interno para los biocombustibles, la ley establece otras estrategias de promoción, tales como: la generación de investigación; la formación de recursos humanos de alta especialización; el desarrollo de proyectos experimentales y la transferencia de tecnología; el apoyo a la participación privada para la producción. Estas estrategias, sin embargo, no cuentan aún con adecuado soporte financiero ni institucional. En los aspectos de investigación, desarrollo y transferencia de tecnologías, el Programa de Promoción del uso de Biocombustibles (PROBIOCOM), a cargo de PROINVERSIÓN, ha establecido un grupo de trabajo para el desarrollo tecnológico y cooperación internacional en biocombustibles, conformado por PRODUCE, MINAG, CONCYTEC, DEVIDA y Sierra Exportadora. Es muy pronto aún para conocer cómo funcionará este grupo, y si contará con presupuestos específicos para lograr sus objetivos. Además, el Reglamento de la Ley 28054 nombra al CONCYTEC como el encargado de incentivar la creación y desarrollo de nuevas tecnologías para la producción, comercialización y distribución de biocombustibles. En este sentido, el Plan Nacional Estratégico de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Competitividad y el Desarrollo Humano (PNCTI) 2006- 2021 del SINACYT y a cargo del CONCYTEC, incluye a los biocombustibles (en el sector energía junto a la hidroenergía, la eficiencia energética y el gas natural) como uno los siete de los sectores productivos prioritarios. Sin embargo, el CONCYTEC cuenta con un presupuesto muy limitado, y sin una partida específica para financiar investigaciones sobre biocombustibles. Con el fin de captar más recursos para este objetivo, se debería involucrar también a los diversos fondos para investigación e innovación tecnológica que se han creado, como INCAGRO, FINCYT y FIDECOM. Por otro lado, el Programa Sierra Exportadora, en su proyecto “Implementación de la Cadena Productiva

Altoandina de los Biocombustibles”, tiene entre sus objetivos específicos el desarrollo de paquetes tecnológicos para cultivos con potencial de biocombustibles y el desarrollo de tecnologías de la industria de biocombustibles. Esta institución cuenta con un presupuesto específico para desarrollo y transferencia de tecnologías y para la formación de recursos humanos relacionados a los biocombustibles (Sierra Exportadora, n.d.). Finalmente, varias universidades están realizando investigaciones en biocombustibles, pero sin tener un objetivo común o coordinado, por lo que sus esfuerzos, dispersos, corren el riesgo de no ser eficientes. 5 Asimismo, hay diferentes instituciones encargadas de proporcionar apoyo a la participación privada en el sector biocombustibles. Destacan PROBIOCOM y sus grupos de trabajo, cuyos resultados sin embargo aún no se pueden prever, y el trabajo de DEVIDA en la promoción de la palma aceitera (y recientemente del ricino y el piñón) en zonas cocaleras, para lo cual ha establecido convenios con gobiernos regionales, con PETROPERÚ y con EMBRAPA. PRODUCE ha jugado un papel importante en la formación de una red de comunicación e información entre responsables de entidades públicas y privadas. PROINVERSIÓN y el MEM han venido promoviendo la participación de empresas privadas en el sector biocombustibles, además de haber propiciado un carácter más concertado en el segundo reglamento de la Ley de Promoción del Mercado de los Biocombustibles, referido a su comercialización. El Programa Sierra Exportadora tiene también previsto asimismo realizar actividades de promoción de inversiones en biocombustibles, también con el apoyo de PETROPERÚ. En conclusión, pese a las políticas generales y los lineamientos de trabajo dados por el marco legal, aún no se cuenta con políticas y estrategias coordinadas y coherentes para el desarrollo de los biocombustibles ni con una plataforma institucional permanente que articule a los diversos actores públicos y privados involucrados. Cabe señalar que se han dado pasos significativos en estos temas pendientes de articulación y coordinación. El MEM organizó en el 2007, con apoyo del BID, dos Talleres de

planificación concertada sobre energías renovables donde se avanzó en la definición de visiones concertadas a futuro de las energías renovables y los biocombustibles en el Perú. La CEPAL ha avanzado en la propuesta de un Tablero de comando para los biocombustibles en el Perú, que ha sido puesta a consideración del MEM, MINAG, PRODUCE y otras entidades públicas involucradas. Finalmente, durante el 2008, se espera que el MEM, con apoyo financiero del BID, inicie la preparación de un Plan Estratégico de Energía Sostenible y Biocombustibles para el Perú. El nuevo Ministerio del Ambiente (MINAMB), por su lado, ha establecido tres condiciones para la producción de biocombustibles que se espera deberán regir la producción de cultivos para biocombustibles. Estas son: que no se podrá talar bosques primarios en la selva para impulsar los biocombustibles; que no se permitirá el cultivo de productos para biocombustibles en tierras donde actualmente se producen alimentos; y que dichos cultivos no podrán utilizar riego por inundación, sino por presión. El MINAG, en concordancia con estas tres condiciones, está preparando una norma que fijará condiciones para que el cultivo de productos para biocombustibles no se realice en tierras destinadas a la producción de alimentos (Andina, 19/05/2008). (agricultura, 2008)

2.4.4 Relación con el comercio internacional, especialmente los TLC

El desarrollo de los biocombustibles en el Perú va a estar relacionado no solamente con el mercado interno para estos productos, creado por el marco legal actual, sino también con la demanda y oferta de biocombustibles y sus materias primas en el exterior. De los proyectos identificados de biocombustibles en el Perú, se podría cubrir la demanda interna prevista por el marco legal vigente con el 4,5% de las hectáreas de caña de azúcar y el 27% de las hectáreas de palma aceitera involucradas en las inversiones anunciadas. Se desprende que, si todos estos anuncios llegan a cumplirse, el porcentaje restante se orientaría a mercados externos. (Paula Castro Pareja, 2008)

2.4.5 Artículo 5.- Normas Técnicas

Las características técnicas del Alcohol Carburante (Etanol Anhidro Desnaturalizado) y del Biodiesel B100 se establecen en las correspondientes Normas Técnicas Peruanas aprobadas por el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual - INDECOPI; en tanto éstas no sean aprobadas se aplicarán las normas técnicas internacionales correspondientes, para el Etanol Anhidro Desnaturalizado la ASTM D 4806-06 y para el Biodiesel B100 la ASTM D 6751-06 en sus versiones actualizadas.

Tabla N° 01: Especificaciones de calidad para el biodiesel (B100)^A

Características	Unidades	Método de Análisis	Valores
Aditivos	-----	-----	Reportar ^B
Contenido de ésteres	fracción de masa masa) (%)	EN 14103	96,5 mín.
Contenido de metanol o etanol	fracción de masa masa) (%)	EN 14110	0,20 máx.
Gravedad API a 15,56 °C (60 °F) o Densidad a 15 °C	°API kg/m ³	ASTM D-287 ASTM D-1298	Reportar
Estabilidad a la oxidación, 110 °C	h	EN 14112	6,0 mín.
Punto de inflamación (“Flash point”)	°C	ASTM D 93	130,0 mín.
Agua y sedimentos	fracción de volumen (% volumen)	ASTM D 2709	0,050 máx.
Viscosidad cinemática a 40 °C.	mm ² /s	ASTM-D 445	1,9 – 6.5 ^C

Ceniza sulfatada	fracción de masa de masa (%)	ASTM D 874	0,020 máx.
Contenido de azufre total ^D	mg/kg	ASTM D 5453	15 máx.
Corrosión tira de cobre, 3 h, 50 °C	-----	ASTM D 130	N° 3 máx.
Número de cetano	-----	ASTM D 613	47 mín.
Punto de enturbamiento ^E	°C	ASTM D 2500	Reportar
Residuo de carbón ^F	fracción de masa (% masa)	ASTM D 4530	0,050 máx.
Número ácido	mg KOH / g	ASTM D 664	0,50 máx.
Glicerina libre	fracción de masa (% masa)	ASTM D 6584	0,020 máx.
Glicerina total	fracción de masa (% masa)	ASTM D 6584	0,240 máx.
Contenido de fósforo	fracción de masa (% masa)	ASTM D 4951	0,001 máx.
Temperatura de destilación, temperatura equivalente atmosférica, 90% recuperado	°C	ASTM D 1160	360 máx.
Sodio (Na) y potasio (K) combinados	mg/kg	UOP 391	5 máx.
Calcio (Ca) y magnesio (Mg) combinados	mg/kg	EN 14538	5 máx.

Fuente: Reglamento técnico ASTM D 6751-06

^A Si para cumplir condiciones especiales de operación de equipos que requieran, por razones técnicas, especificaciones de calidad diferentes a las indicadas en esta tabla, el Ente Nacional Competente podrá autorizar mediante resolución razonada, la modificación de las mismas.

^B La información que se debe presentar para cada aditivo que se agregó a este producto es la siguiente:

- Hoja de Datos de Seguridad del Material (“Material Safety Data Sheet”)
- Proporción agregada del aditivo (mezcla)
- Propiedad del producto que el aditivo genera o mejora en el mismo, ejemplo: antioxidante, biocida, etc.; Para una completa información sobre contaminación microbiana referirse a la Guía ASTM D 6469.

Esta información debe ser proporcionada al Ente Nacional Competente, cada vez que se cambia el aditivo.

TÍTULO II

DE LA COMERCIALIZACIÓN Y CONTROL DE LA CALIDAD DE LOS BIOCOMBUSTIBLES Y DE SUS MEZCLAS CON LOS COMBUSTIBLES LÍQUIDOS DERIVADOS DE LOS HIDROCARBUROS (Osinergmin, 2007)

Artículo 9.-

Porcentaje de la mezcla de Biodiesel B100 con Diesel N° 2 El porcentaje de Biodiesel B100 en la mezcla de Biodiesel B100 - Diesel N° 2 que se comercialice en el país, será desde 2% (dos por ciento) hasta 20% (veinte por ciento). No está permitida la comercialización de mezclas en proporciones diferentes a las establecidas en la tabla siguiente:

Tabla N°02 Porcentaje de la mezcla de Biodiesel B100 con Diesel N° 2

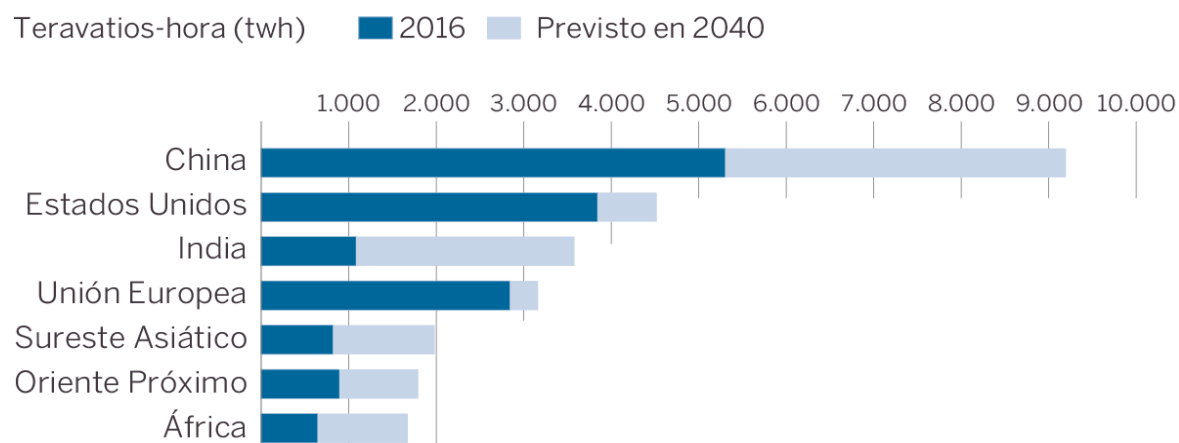
% Vol. Biodiesel B100	% Vol. Diesel N° 2	Denominación
2	98	Diesel B2
5	95	Diesel B5
20	80	Diesel B20

Fuente: DECRETO SUPREMO N° 021-2007-EM- Osinergmin

2.4.6 Situación actual del comercio exterior de biocombustibles

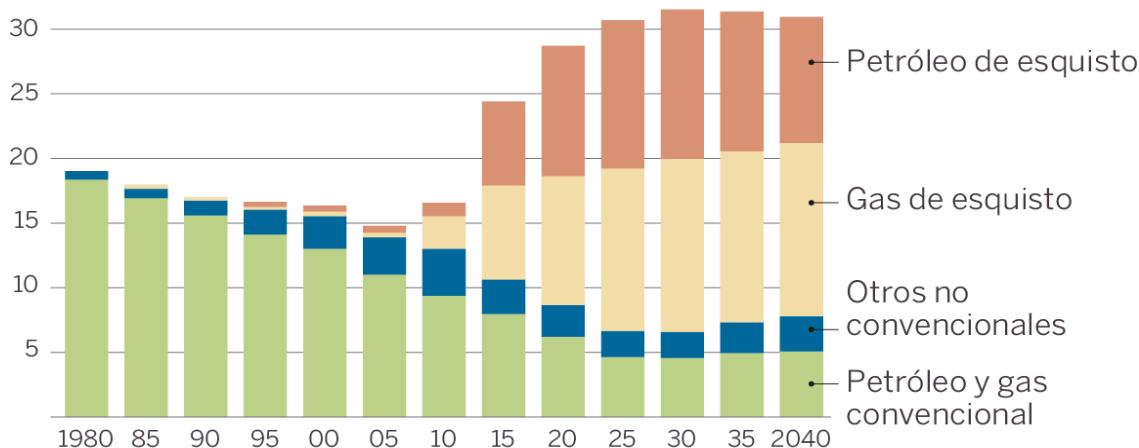
Fig. 04 Previsiones de demanda de electricidad por regiones.

PREVISIONES DE DEMANDA DE ELECTRICIDAD POR REGIONES



ESTADOS UNIDOS. PRODUCCIÓN DE PETRÓLEO Y GAS

Millones de barriles equivalentes de petróleo al día



Fuente: Agencia Internacional de la Energía. EL PAÍS

Fuente: Diario el País – España.

Hasta el momento, no existe en el Perú comercio exterior de biocombustibles, pero sí de productos relacionados.

A pesar de que en los últimos años la producción azucarera se está recuperando, la demanda interna seguía superando a la producción nacional de azúcar. Así, en el año 2006 el consumo nacional de azúcar fue de 7 millones 495 mil toneladas, mientras que la producción fue de 7 millones 251 mil toneladas. En ese mismo año el Perú importó 243 mil toneladas de azúcar

refinada, y al mismo tiempo exportó 108 mil toneladas de azúcar de caña en bruto (MINAG, 2008). Para el 2007 se estimaba que se llegaría a cubrir un 90% de la demanda interna de azúcar con la producción nacional, y que para el 2008, si las condiciones climáticas eran adecuadas, se pronto se empezarían a generar excedentes. Se espera que estos excedentes se destinen principalmente a la producción de etanol para la exportación, una vez se cuente con la infraestructura de destilación necesaria (RPP, 28/11/2007). Este año ya se dieron los anuncios de las primeras exportaciones de azúcar, de Casagrande a Centroamérica (Gestión, 17/03/2008). A partir de 1999 el Perú comenzó a exportar alcohol etílico sin desnaturalizar, como resultado del inicio de operaciones comerciales hacia el exterior por parte del Complejo Agroindustrial Cartavio S.A. y Quimpac S.A. En el año 2004 se exportaron 6,1 millones de litros de alcohol etílico no desnaturalizado, a un precio promedio de US\$ 0,27 por litro. El mismo año, sin embargo, las importaciones formales de alcohol ascendieron a 10,5 millones de litros a un precio de 0,21 US\$/litro, y se estima que de contrabando ingresan unos 11 millones de litros adicionales (Rosadio, 2005). Cabe aclarar que este etanol es diferente del utilizado para mezclas con la gasolina, pues su grado de pureza es menor (96%).

2.5 . HIPÓTESIS

2.5.1 Hipótesis general.

Si se logra producir biodiesel en el laboratorio con aceite comestible vegetal residual proveniente de los diferentes cafetines y del comedor universitario, se podrá comprobar que el aceite de residual es el que producirá una flama efectiva por su procedencia y composición química. Entonces demostraremos que es una opción viable para no contaminar y volver a utilizar el aceite que la mayoría de estos locales proveedores de comida desechan.

2.5.2 Hipótesis específica.

“Se mejorarán las Técnicas de Tratamiento y Manejo de los aceites residuales, así como se reducirá el uso de combustibles fósiles”.

2.5.3 Variables e indicadores

Es cualquier característica, factor, cualidad o atributo a estudiar, sujeto a modificación, en esta investigación estudiaremos la variable independiente que es la que modifica un evento en particular y la variable dependiente, que es la que establece una potenciación o inhibición entre ambas variables.

a) Variable independiente

Ausencia de un método de tratamiento ecológico de los aceites residuales y falta de cumplimiento de estándares de calidad en el uso de estos biocombustibles.

Indicador

Contaminación atmosférica producida por el uso indiscriminado de combustibles fósiles.

b) Variables dependientes

Falta de responsabilidad por parte de las autoridades competentes, ya que no brinda los medios, infraestructura, accesorios y capacitación necesaria para realizar estudios con combustibles alternativos.

Indicador

Estándares de calidad del agua, aire y suelo Niveles elevados de contaminación de aire, agua y suelos.

CAPÍTULO III MARCO METODOLÓGICO

3.1 ENFOQUE Y DISEÑO

El presente trabajo de investigación es del tipo explicativo, este tipo de Investigación Explicativa constituye un tipo de investigación cuantitativa experimental, que busca establecer las distintas causas de un fenómeno, comportamiento o proceso, en los siguientes tipos de estudio, como son los procesos de transesterificación de aceites reciclados.

El diseño que se utilizó para esta investigación será de campo, porque se recolectará información directamente de la realidad (comedor universitario y cafetines del campus universitario). A través de esta metodología se recopiló datos de los alumnos que reciben el servicio de comedor universitario, así como en los diferentes cafetines de las facultades de la UNP.

3.2 SUJETOS DE INVESTIGACIÓN

Los aceites generados dentro del campus de la Universidad Nacional de Piura, generan impacto negativo tanto en el agua residual como en el suelo, así como el aire, es por eso que son nuestros sujetos a investigar, ya sea los provenientes del comedor universitario como de los diferentes cafetines existentes en el campus.

La muestra de estudio de los aceites residuales proviene de las evaluaciones que se hicieron durante la semana específica, teniendo en consideración que mayormente los días viernes se llevan a cabo procesos de frituras lo que conlleva a un aumento en el recojo de los aceites residuales.

TABLA N° 03 TAMAÑO DE LA POBLACIÓN UNIVERSITARIA BENEFICIADA.

COMUNIDAD	N° DE PERSONAS
Alumnos	15000
Administrativos	600
docentes	700
otros	50
total	16350

Fuente: Universidad Nacional de Piura.

a) Acceso a información En el presente trabajo de investigación se utilizó dos tipos de recolección de datos, la observación y encuesta al personal encargado de la atención en el comedor universitario.

Observación: Se observó las condiciones de trabajo de los operarios del comedor universitario, así como de los propietarios de los cafetines dentro del campus universitario, de la forma como disponen de sus residuos de aceite reciclado.

Encuestas: Indagar si las personas del estudio conocen a cabalidad el manejo de los aceites residuales dentro de su ámbito de acción, las definiciones comunes y lo que aspiran para mantener un ambiente sano.

b) Análisis e interpretación de la información

Para este análisis e interpretación de información, se utilizó la estadística descriptiva a partir de los datos registrados; se empleó la hoja de cálculo Excel y el análisis estadístico se realizó por medio de cálculos porcentuales.

3.3 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO EMPLEADO

El presente trabajo de investigación se llevó a cabo teniendo en cuenta las actividades a realizar para cumplir con los objetivos planteados e incluyendo la metodología utilizada. En la tabla siguiente se incluye el cronograma de actividades, que muestra las acciones concretadas y el tiempo aproximado para su elaboración.

3.3.1 Lugar de ensayo

Toda la parte experimental de este proyecto se llevó a cabo en el Instituto de medio ambiente de la Universidad Nacional de Piura (IMAUNP).

3.3.2 Materiales equipos y reactivos.

➤ Materiales y equipos

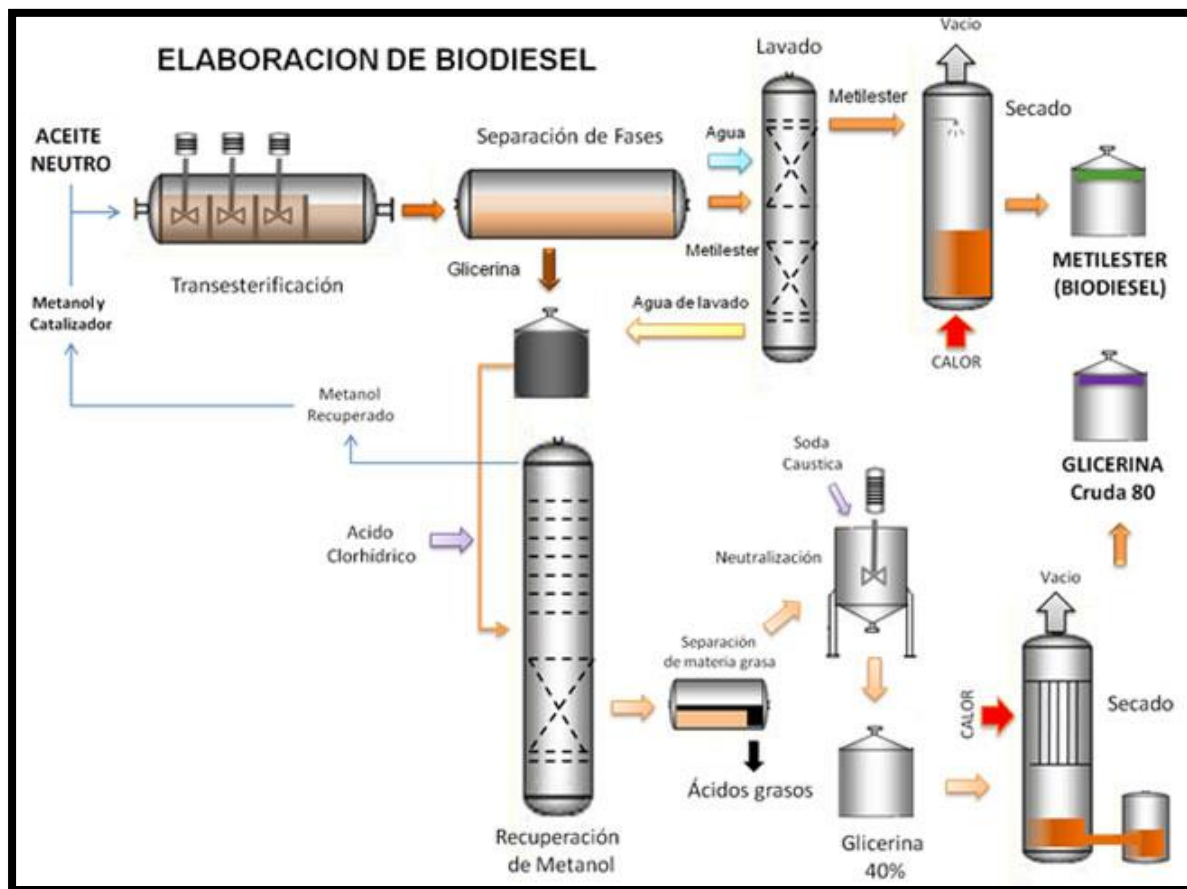
- Baguetas.
- Balanzas.
- Botellas.
- Buretas
- Crisoles
- Embudos.
- Filtros de tela
- Galoneras.
- Matraces.
- Pipetas.
- Probetas
- Pinza de nuez.
- Probeta graduada.
- Recipientes.

- Vasos de precipitado.
- Pinza de nuez.
- Rotavapor.
- Soporte universal.

➤ **Reactivos.**

- Aceite vegetal.
- Agua destilada.
- Alcohol metílico.
- Hidróxido de sodio.
- Alcohol etílico 95%.
- Alcohol butílico.
- Fenolftaleína
- Hidróxido de potasio.
- Butanol.

FIGURA N° 05: ELABORACIÓN DE BIODIESEL



FUENTE: Industriaambiental.com.ar

PROCEDIMIENTO EMPLEADO:

1. PROCEDIMIENTO

Primera Prueba de Biodiesel

La primera práctica fue realizada el día lunes 01/07/19. Primero, a las 8.am se recibió un bidón de 20 lt. De capacidad de aceite reciclado del comedor de la UNP, obtenidas en 48 horas de los días jueves y viernes (teniendo en cuenta que el día viernes 28/06/19 se cocinó frituras).



Se procedió a medir la muestra en una probeta de 1 litro de capacidad, arrojando un total de 14.800 lt. De aceite reciclado.

1.- Se midió 01 litro en una probeta.



- 2.- Luego la muestra se calentó para que ésta pueda hacerse más líquida y luego se filtró para disminuir la cantidad de impurezas y residuos que pueda contener el aceite reciclado.



- 3.-

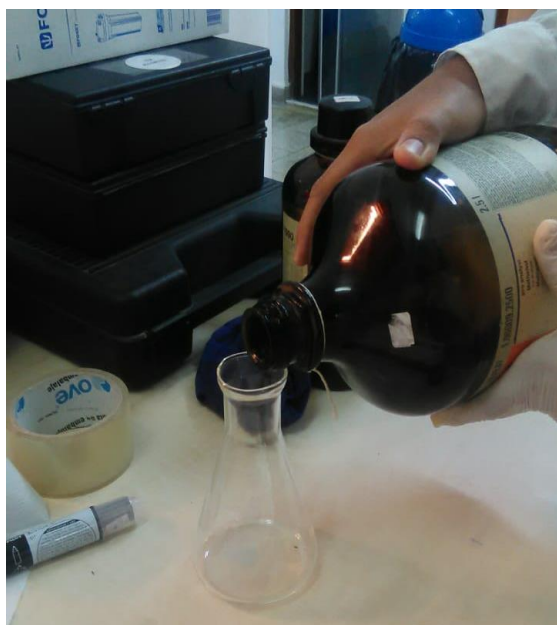


Terminado el filtrado, se quedó con una cantidad de 900 ml como cantidad muestra.

- 4.- De esos 900 ml, se vierte solo 500 ml en un recipiente.

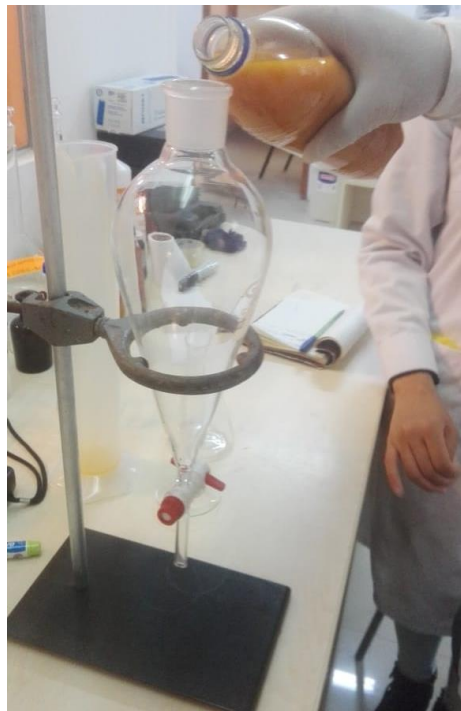


- 5.- Seguido de esto se agrega el catalizador; para poder prepararlo, primero en un matraz Erlenmayer se vierte 200 ml de metanol seguido de 5 gr de NaOH y se agita hasta disolver poco a poco, para luego vertir este catalizador en los 500 ml de aceite reciclado.





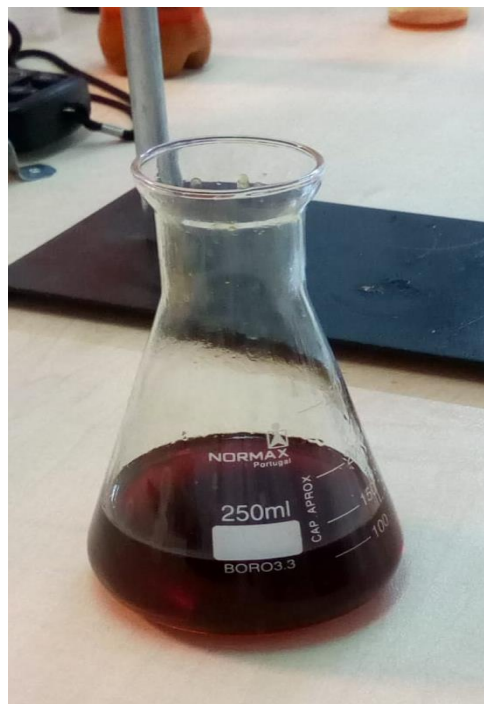
- 6.- Teniendo el aceite reciclado más el catalizador en un solo envase, se agitan para homogenizarlos por un lapso de 15 min, y se vierte en una pera de decantación.



- 7.- Luego se espera 24 horas para ver mejor resultado de decantación.
- 8.- Después, se vierte el biodiesel en un matraz de Erlenmayer; posteriormente se coloca el biodiesel en una probeta para ver exactamente cuánto nos dio de medida.
- 9.- Como último paso, luego de retirar el biodiesel obtenido de la pera de decantación, se realizó una prueba. Con un gotero tomamos 2 ml de biodiesel en un recipiente donde le prendimos fuego para poder ver el color de la flama.

Resultados

Se observó la siguiente imagen donde se aprecia ampliamente la separación del biodiesel con la glicerina (oleína, estearina). Y también podemos ver que el biodiesel se obtuvo en la parte superior de la pera de decantación, viéndose en la parte inferior glicerina con una pequeña cantidad de impurezas.



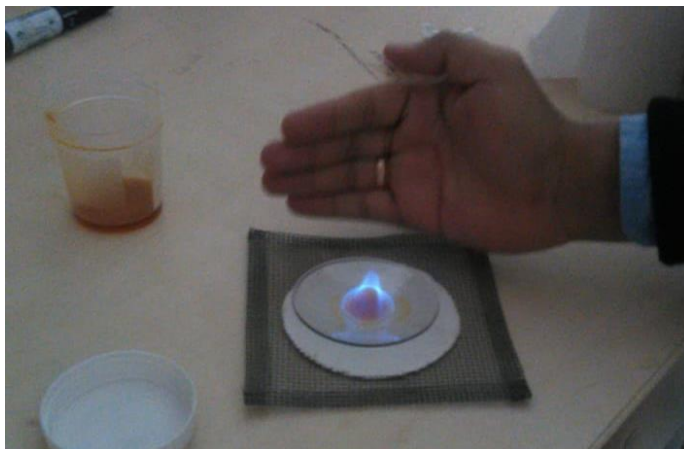
Proceso de separación de las 2 fases

Biodiesel obtenido:

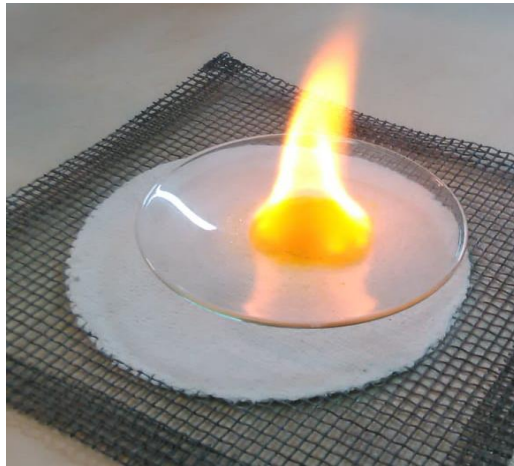
Se obtuvo 128 ml de biodiesel



Y al momento de prender la llama con los 2 ml de biodiesel, dio la siguiente llama:



Y luego de 30 segundos se tornó de este color, debido a las impurezas que contenían y la metodología empleada.



Segunda Prueba de Biodiesel

El día martes 02/07/19 se realizó la segunda prueba de la obtención del biodiesel.

En este ensayo se efectuó el mismo procedimiento que la primera oportunidad, pero se modificaron las cantidades de alcohol e hidróxido de Sodio.

La muestra de aceite reciclado fue de 500 ml más 300 ml de metanol y 2.5 gr de NAOH, para tabular con la primera muestra de biodiesel.



Aceite reciclado calentado y filtrado, listo para que se le pueda añadir la mezcla de los 300 ml de metanol, y los 2.5 gr de NAOH.



Aceite reciclado más la mezcla de metanol y NaOH, siendo agitada por aprox. 15 min, para luego llevarla a la pera de decantación.

Resultados:

- Se observó que, a mayor cantidad de alcohol, la muestra es menos viscosa.
- Se observó que al momento de agregar la muestra de metanol más NaOH a la muestra de aceite reciclado, esta presentó una reacción exotérmica (genero calor).
- Se observó que, al momento de colocarlo en la pera de decantación, la separación fue casi inmediata.



- Luego de 24 horas que se esperó para ver mejor resultados de decantación se visualizó que mientras en la primera prueba se obtuvo el biodiesel en la parte superior, en esta segunda prueba se obtuvo el biodiesel en la parte inferior, formándose 3 capas luego de 20 minutos.



Al día siguiente obtuvimos 240 ml de biodiesel, como se puede apreciar en la siguiente imagen:





Luego se realizó la prueba para verificar el color de la flama, la cual fue azul.

Y dio como residuo la siguiente imagen



Tercera Prueba de Biodiesel

- 1.-El día miércoles 03/07/19 se realizó la tercera práctica de Biodiesel
- 2.-En esta prueba hemos utilizado butanol, para ver si obtenemos mayor rendimiento de biodiesel.

3.-Primero hemos medido 500 ml de aceite reciclado en una probeta y lo hemos puesto a calentar para que el aceite se diluya un poco más, luego procedimos a filtrarlo, para que los residuos queden en el filtro.



4.- Después procedimos a homogenizar el aceite reciclado en un agitador magnético por aproximadamente media hora.



5.- Luego añadimos el catalizador. Para prepararlo medimos 300 ml de butanol y le agregamos 2 gr de soda caustica, agitamos por aproximadamente 30 min, luego lo vertimos junto con el aceite reciclado en un recipiente, y se obtuvo una reacción exotérmica (calor) pero menos a la segunda prueba.

6.- Luego se agita y se vierte en la pera de decantación por 24 horas para ver mejores resultados.



7.- Después de las 24 horas y como último paso, luego de retirar el biodiesel obtenido de la pera de decantación, realizó una prueba; con un gotero tomamos 2 ml de biodiesel en un recipiente donde le prendimos fuego para poder ver el color de la flama.



Resultados

Al momento de vertir la mezcla del aceite reciclado más el catalizador, nos dimos cuenta que el NaOH 99% no disolvió con el butanol, por lo tanto, se le tuvo que retirar de la mezcla y tritularlo.



Nota: Por más que se trituro el NaOH 99 % y se mezcló nuevamente, no se logró disolver y cómo podemos ver en la imagen se almaceno en la parte inferior de la pera de decantación.

Finalmente se dejó reposar por 24 horas y los resultados fueron los siguientes:



Se obtuvo 498 ml de biodiesel Luego se realizó la última prueba donde nos dio una flama entre azul y roja que duro aproximadamente 1 minuto.



Tabla N ° 04 TABULACIÓN DE RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN BIODIESEL:

Fecha	Muestra/aceite	Reactivo/ml	Reactivo /gr	Resultado/biodiesel
Lunes 01/07/19	500 ml	Metanol 200 ml	NaoH 99% 5gr	420 ml
Martes 02/07/19	500 ml	etanol 300 ml	NaoH 99% 2.5gr	400 ml
Miércoles 03/07/19	500 ml	Butanol 300 ml	NaoH 99% 2.gr	498 ml
				Total: 1218 ml

Fuente: Elaboración propia.

RENDIMIENTO: %

a) $\frac{420}{700} \times 100 = 60 \%$

b) $\frac{400}{800} \times 100 = 50\%$

c) $\frac{498}{800} \times 100 = 62.25\%$

TABLA N° 05 RENDIMEINTO DE BIODIESEL

SUSTANCIA	ALCOHOL USADO	TEMPERATURA DE OPERACIÓN	RENDIMIENTO
ACEITE RESIDUA	METANOL	60 ° C	60
ACEITE RESIDUA	ETANOL	60 ° C	50
ACEITE RESIDUA	BUTANOL	60 ° C	62.5

Fuente Elaboración Propia.

TABLA N° 06

**DETERMINACION DE CO OBTENIDO DE LA COMBUSTIÓN DEL
BIODIESEL UTILIZANDO EL ANALIZADOR DE GASES Y DENSIDAD.**

MUESTRA	FECHA	DENSIDAD	CATALIZADOR	ALCOHOL	T°MAX/ TMIN	CO
1	01/07/19	0.8642 gr/cm3	Hidróxido sodio	METANOL	72°C / 57.7	9PPM
2	02/07/19	0.8256 gr/cm3	Hidróxido sodio	METANOL	70°C / 62.2	8PPM
3	03/07/19	0.9883 gr/cm3	Hidróxido sodio	BUTANOL	72.4°C /54.2	11PPM
4	09/07/19	0.8813 gr/cm3	Hidróxido sodio	ETANOL	74.2°C / 38.1	13PPM
5	13/07/19	0.8589 gr/cm3	Hidróxido potasio	ETANOL	73.5°C / 46.2	32PPM

Fuente: Elaboración propia

OBSERVACIONES: La muestra obtenida en el proceso con etanol es la que genera mayor producción de CO.

3.4 Aspectos éticos

Medio ambiente: El presente trabajo de investigación será realizado teniendo en cuenta las más altas condiciones y estándares de seguridad con la finalidad de minimizar los impactos al medio ambiente, cuidando siempre el mismo.

Confidencialidad: Todos los datos conseguidos durante el trabajo de investigación, serán tratados en absoluta confidencialidad y usados expresamente para este fin.

Citaciones: Todo tipo de material referencial para esta investigación será citada, siguiendo los estándares ISO 690 y 690-2 y APA 6ta Edición, respectivamente.

Respeto: Cuando se haga la visita de campo a las instalaciones del comedor universitario, así como las instalaciones del laboratorio del IMA, se respetará las condiciones establecidas para ambos locales, así como condiciones de seguridad y salud ocupacional.

Dignidad y cordialidad: En los casos de entrevista personales a personal se realizó con total cordialidad y respeto a la dignidad de las personas, haciendo entender a las personas que el fin supremo de nuestro trabajo de investigación en este caso es el medio ambiente

3.5 Aspecto Ecológico:

Una cuestión importante que impulsa el aprovechamiento de este tipo de energía es, como se dijo arriba, el aspecto ecológico. Además de ser un tipo de energía renovable tiene otros tipos de atributos importantes a tener en cuenta como son los siguientes:

Las plantas absorben del medio ambiente dióxido de carbono (CO_2) para su fotosíntesis, luego estas son procesadas y convertidas en biodiesel el cual se quema en los motores de combustión interna arrojando luego una cantidad de dióxido de carbono al medio.

Se puede decir que parte del CO_2 liberado al ambiente por la combustión es consumido por las plantas que luego serán cosechadas para conseguir más combustible. La diferencia entre este proceso y el del combustible fósil radica en que el segundo es extraído de pozos y luego de consumido el CO_2 no es absorbido por ningún elemento necesario para su producción; en cambio en el biodiesel son necesarios los cultivos que a su vez absorben el monóxido.

Otro aspecto ecológico es que él se degrada más rápidamente que el gasoil. Según estudios realizados por otros grupos de trabajo se encontró que al cabo de 28 días de derramado se degrada un 90% o más del producto. Esto es muy conveniente ya que el impacto ecológico

en casos de accidentes en mares o ríos sería mucho menor y su plazo de recuperación más corto que en el caso de combustibles derivados del petróleo. (VICENTE., 2013)

3.6 Ventajas y desventajas de la utilización de Biodiesel:

El problema básico de estos combustibles está dado por su ataque a los conductos de transporte del mismo cuando ellos están desarrollados sobre la base de caucho, pero fácilmente eliminado mediante el reemplazo de estos conductores, por elementos contruidos con teflón.

La emisión de óxidos nitrosos es otro de los problemas a solucionar. Este problema se soluciona parcialmente con el agregado de aditivos.

La determinación rápida de la calidad del combustible y sus estándares resulta en un impedimento no técnico que incrementa sus costos de obtención, debiéndose desarrollar nuevos métodos analíticos, actualmente este tema se resuelve mediante un complejo método analítico basado en la cromatografía gaseosa, y se está experimentando el empleo de espectroscopia infrarroja (NIR- Near-infrared spectroscopy), técnica que en menos de un minuto permite determinar las cualidades del combustible.

A temperaturas bajas, inferiores a -15°C se forman pequeños cristales sólidos cerosos los cuales tapan los conductos y filtros de combustibles, los combustibles petroderivados soportan entre -17°C y -18°C . Es decir que el biodiesel comenzará su congelación antes que el gasoil fósil. Este no es un inconveniente en nuestra zona ya que las temperaturas mínimas rara vez descienden de -2°C .

La estabilidad del producto durante su almacenamiento, está afectada por su escasa estabilidad hidrológica y oxidativa, comprometiéndose así sus cualidades técnicas durante los almacenamientos prolongados. Este fenómeno está relacionado con la presencia de componentes insaturados (carbonos unidos por doble ligaduras) que se caracterizan por el índice de yodo, es decir la cantidad de yodo necesario para abrir esas ligaduras dobles, cuanto

más alto es el índice, mayor es la inestabilidad del combustible, mientras que el diesel posee un índice de yodo de 10, el metil éster de soja alcanza los 133, el de nabo 97, el girasol 126 y el algodón 106. Este indicador para los metil y etil derivados de las grasas animales, solo alcanza un valor de 49 y 47 respectivamente”.

- Los costos de la materia prima. El costo de la materia prima implica el desarrollo de nuevas variedades y/o nuevas técnicas de cultivo.
- Competitivo frente a otras tecnologías que reducen la contaminación
- Rendimiento similar al del combustible diesel
- No requiere nueva infraestructura ni adiestramiento
- No es necesario cambiar o convertir motores salvo por las mangueras
- El consumo es similar.
- Mejora notablemente la lubricación en el circuito y en la bomba de inyección ya que proviene de aceites.
- Se puede mezclar con gasoil fósil en cualquier proporción. Esta mezcla se puede realizar en el momento de carga (directamente en el tanque de combustible del automotor) o previamente.
- Su transporte y almacenamiento resulta más seguro que el de los petroderivados ya que posee un punto de ignición más elevado, el biodiesel puro posee un punto de ignición de 148°C contra los escasos 51°C del gasoil.

3.7 Comparativo de las diferentes propiedades del biodiesel con el diesel convencional

TABLA N° 07 CALORES DE COMBUSTIÓN / NÚMERO DE CETANO *

Calores de combustión y números de cetano de diferentes tipos de biodiesel		
Tipo de biodiesel	Calor de combustión (en MJ/kg)	No. de cetano
Ester metílico de soya	39.8	46.2
Ester etílico de soya	40.0	48.2
Ester butílico de soya	40.7	51.7
Ester metílico de girasol	39.8	47.0
Ester metílico de cacahuete	-	54.0
Ester metílico de colza	40.1	-
Ester etílico de colza	41.4	-

Fuente: Energíaadebate.com

*NÚMERO DE CETANO

El número de cetano es un indicador de la habilidad de los combustibles para autoencenderse, después de que han sido inyectados al motor diesel. El diesel que se utiliza en las carreteras, requiere tener un número de cetano de 40 o mayor; pero debido a que un número de cetano mayor se traduce también en costos mayores del combustible; normalmente se mantiene entre 40 y 45.

TABLA N° 08 : PROPIEDADES DEL DIESEL VS BIODIESEL

Comparación de las propiedades del diesel del petróleo con los aceites					
Propiedad	Diesel del petróleo	Aceite de girasol	Ester metílico de girasol	Aceite de colza	Ester metílico de colza
Densidad (15°C) (Kg/l)	0.84	0.92	0.89	0.9	0.883
Punto de ignición (°C)	63	215	183	200	153
Viscosidad cinemática (mm²/s)	3.2	35	4.2	39	4.8
Número de cetano	45-50	33	47-51	35-40	52
Calor de combustión (Mj/kg)	44	39.5	40	-	40
Punto de enturbiamiento (°C)	0	-6.6	3	-	-3
Azufre (% peso)	0.3	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Residuo de carbón (% peso)	0.2	0.42	0.05	-	-

Fuente: Energíaadebate.com

Se puede apreciar que las propiedades del éster metílico son mejores que las del aceite directo de las oleaginosas, en cuanto a favorecer la adecuada combustión y que se pueden tener diferencias en las propiedades del biodiesel obtenido, dependiendo de las materias primas utilizadas.

En la siguiente tabla se comparan las propiedades físicas y químicas promedio del biodiesel y del diesel del petróleo; indicándose las normas ASTM establecidas para obtener una calidad uniforme de los combustibles

TABLA N° 09

Propiedades del biodiesel vs. diesel del petróleo⁽¹⁾		
Propiedades	Biodiesel	Diesel
Norma del combustible	ASTM D975	ASTM PS121
Composición	C12-C22 FAME	C10-C21 HC
Metilester	95.5->98 % (normas)	-
Carbono (% peso)	77	86.5
Azufre (% peso)	0-0.0024	0.05 máx.
Agua (ppm peso)	0.05 % máx.	161
Oxígeno (% peso)	11	0
Hidrógeno (% peso)	12	13
No. Cetano	48 - 55	40-55
PCI (KJ/Kg)	37,700	41,860
Viscosidad cinem. (40° C)	1.9-6.0	1.3 - 4.1
Punto de inflamación (°C)	100-170	60 - 80
Punto de ebullición (°C)	182-338	188-343
Gravedad específica (Kg/l) (60°F)	0.88	0.85
Relación de aire/combustible	13.8	15

Fuente: Energíaadebate.com

3.8 VENTAJAS Y DESVENTAJAS CON RELACIÓN AL FUNCIONAMIENTO DE LOS MOTORES

Se observa que las propiedades de ambos combustibles no presentan grandes diferencias; sin embargo, el biodiesel muestra las siguientes **ventajas**, con relación al funcionamiento de los motores⁽²⁾:

l Presenta mejor lubricidad, por lo que en proporciones menores al 20% constituye un aditivo lubricante del combustible (menor fricción del motor), favoreciendo el funcionamiento del circuito de alimentación y de la bomba de inyección.

- Prácticamente no tiene compuestos aromáticos, ni azufre.
- Contiene oxígeno que permite una adecuada combustión con menor relación de aire/combustible.

No es soluble en agua; con una toxicidad inferior a la del diesel del petróleo.

- La temperatura de inflamación mayor reduce el peligro de incendios durante su manejo y almacenamiento.
- La biodegradabilidad es una característica del biodiesel que incentiva su uso, desapareciendo en menos de 21 días, con una degradación 4 veces más rápida que con el diesel del petróleo.

Por otra parte, el biodiesel presenta las siguientes **desventajas**:

- Tiene un menor poder calorífico, con un mayor consumo de combustible.
- Pérdida de un 5% de potencia.
- Mayor viscosidad y densidad con posibles problemas de fluidez en climas fríos, requiriendo anticongelantes especiales.
- Actúa como un aditivo detergente aflojando y disolviendo sedimentos en los tanques de almacenaje; por lo que pueden obstruirse los inyectores tener depósitos en la cámara de combustión, pistón y asiento de válvulas.
- Los ácidos grasos no saturados presentan inestabilidad (por lo que debe utilizarse rápidamente), produciendo residuos durante las reacciones de oxidación que se depositan en inyectores (obstrucción); combustión incompleta y, por lo tanto, emisión de contaminantes.

- Con combustión incompleta es disolvente del aceite lubricante y de refrigeración, lo que implica mayor frecuencia de cambio de aceite; para evitarlo, es necesario conocer la composición de los aceites a esterificar, utilizando variedades en las que la proporción de insaturados no signifique un problema.
- Las temperaturas de inflamación del biodiesel son mayores, por lo que en lugares fríos o durante el invierno, se pueden presentar problemas en el arranque (B100).
- Con el B100 se deben cambiar con mayor frecuencia los filtros de combustible (cada 130 hrs. en lugar de cada 200 hrs.).
- Deterioro rápido de los elementos de caucho, debe sustituirse por otro material (teflón u otro).
- Es disolvente de pinturas, por lo que deben utilizarse a base de poliuretano.

Modificaciones que se recomiendan en el motor para la utilización de biodiesel a concentraciones mayores al 20%:

- Cambio del filtro de combustible después del primer tanque de biodiesel.
- Modificación del tiempo de inyección. (F.Marcus, 2001)

⁽¹⁾ Fuentes: Biodiesel Handling And Use Guidelines NREL (2001); Los Biocombustibles (M. Campus y F. Marcos).

3.9 PROPUESTA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA PLANTA DE PROCESAMIENTO DE BIODIESEL

Después de haber recabado y monitoreado por un buen lapso de tiempo la producción de aceites residuales dentro del campus de la Universidad Nacional de Piura, y teniendo en cuenta que durante este periodo de tiempo solo estuvo funcionando el comedor universitario debido a que la UNP se encontraba en proceso de licenciamiento y durante este periodo nos fue imposible poder monitorear a el resto de cafetines dentro de la UNP, se concluyó con lo siguiente:

En el siguiente cuadro se presentan los resultados de los diferentes monitoreos llevados a cabo al comedor universitario, con lo cual se demostrará que es factible la instalación de una planta pequeña para el tratamiento de los aceites residuales dentro del campus de la UNP, para minimizar el daño que estos pueden generar al medio ambiente.

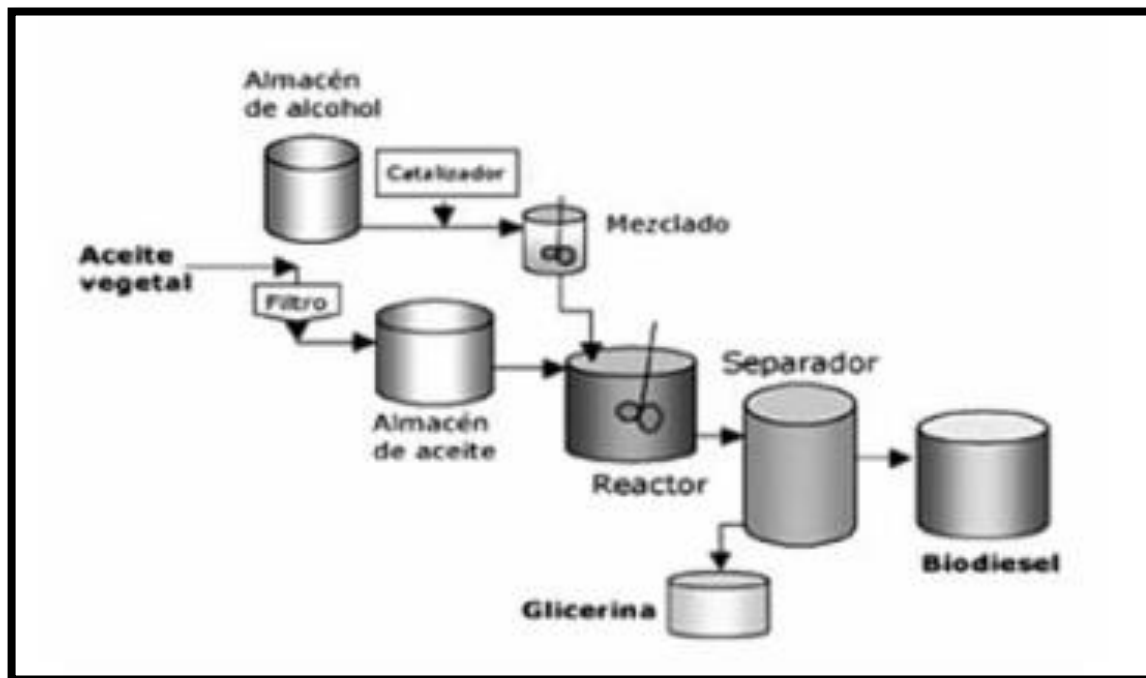
TABLA N° 10 cantidad de aceite residual recolectado vs rendimiento

Fecha :	Cantidad de aceite recolectado	Cantidad de aceite procesado	Cantidad de biodiesel obtenido	Rendimientos obtenidos
20-24 de mayo	48 litros	2 litro	1.5 litros	65 %
27-30 de mayo	38 litros	2 litros	1.0 litros	60%
10-14 de junio	35 litros	2.0 litros	1.5 litros	70-75 %
24-28 de junio	30 litros	2.0 litros	1.8 litros	80-85 %

Fuente: elaboración propia

Como se puede observar a medida que se fueron analizando las diferentes variables de operación se puede comprobar que se fueron obteniendo mejores rendimientos, también es necesario considera que estos rendimientos se pueden mejorar con maquinaria un poco más sofisticada ya que estos ensayos se realizaron con equipos simulados ya que si se realiza en equipos adecuados se pueden obtener rendimientos cercanos al 98%.

fig. 06: Planta de obtención de biodiesel esquema propuestos



Fuente : <http://hemeroteca.unad.edu.co>

Para este trabajo se considera equipos que son de bajo costo y no son muy difíciles de instalar, es decir los costos de instalación son muy bajos.

Dentro de estos equipos tenemos:

- **Un tanque de almacenamiento de acero inoxidable:**

El tanque servirá para el almacenamiento del aceite recolectado, y tendrá una capacidad de 250 litros.

Para la planta de tratamiento de aceites residuales. El equipo está compuesto por las siguientes partes:

- **Unidad de reacción.** Consiste en un tanque agitado (reactor batch) diseñado para operar por lotes, teniendo en cuenta que este tipo de operación es el más económico para bajos volúmenes de producción. El material de construcción del reactor es acero inoxidable, tipo 316.

- **Sistema de calentamiento.** El calentamiento de la mezcla reactante se efectúa con un sistema de resistencias inmersas que minimiza la inercia térmica presentada por otro tipo de configuraciones como las chaquetas.
- **Sistema de control de temperatura.** Este se basa en controlar la disipación de energía por parte de las resistencias; cuenta con un sensor, una termocupla tipo J (rango de temperatura de 100°C – 400°C); un controlador digital PID y como elemento final de control un relé de estado sólido (actúa como contacto).
- **Sistema de agitación.** El material de construcción de este agitador es acero inoxidable 316. Los patrones de agitación y la turbulencia en las etapas iniciales de la transesterificación deben ser tales que permitan una adecuada interacción entre los reactantes; para esto, se escoge un impulsor tipo turbina abierta, con cuatro aspas y ángulo de inclinación de 45°. Esta configuración es útil cuando se desea realizar mezclas de sustancias inmiscibles o sólidas que precipitan, pues favorece un flujo radial y/o axial que garantiza turbulencia y mezclado.
- **Condensador de reflujo.** Se emplea para condensar los vapores que se desprenden del reactor, utilizando agua como medio refrigerante. Consta de dos tubos cilíndricos concéntricos: por el tubo interior circulan los vapores que son condensados y por el tubo exterior, el líquido de refrigeración (agua). El líquido refrigerante tiene que estar circulando constantemente, para así obtener una temperatura en la cual se pueda condensar el vapor en líquido. El material de construcción de este condensador es acero inoxidable 316. Presenta una temperatura y presión de operación de 100°C y 60psig respectivamente, con un arreglo triangular.
- **Separador de fases.** Funciona en conjunto con el condensador para realizar una evaporación instantánea al vacío; se aprovecha que la temperatura de ebullición del

etanol es tres o cuatro veces menor que la del glicerol y la del etiléster, para así retirar el etanol en exceso que no reacciona [7]

- **Tanques de almacenamiento.** Una vez elaborado el producto, debe ser almacenado para su posterior tratamiento (decantación y lavado). Esta función la cumple uno de los dos tanques de almacenamiento. El otro tanque se emplea para el reflujo del etanol, el cual ingresa nuevamente al reactor para continuar la reacción de transesterificación. (UNAD, 2013)

- **Separadores:**

El producto final puede contener pequeñas cantidades ya sea de jabón o de glicerina por lo que es recomendable, realizarle una nueva etapa de separación y secado finalmente.

3.10 CARACTERIZACIÓN DEL ACEITE USADO DE COCINA

El aceite de cocina usado se desnaturaliza por las altas temperaturas; al reutilizarse, exponerse a la luz y al tener contacto con los alimentos, sus características organolépticas y fisicoquímicas se modifican, produciendo cambios en la composición de los ácidos grasos saturados que lo forman.

Por lo anterior para caracterizar el aceite empleado como materia prima para la producción del biodiesel, se realizaron, los siguientes análisis en el INSTITUTO DE MEDIO AMBIENTE de la Universidad Nacional de Piura.

1) Densidad. La densidad se estableció basándose en la NORMA TÉCNICA PERUANA, Se determinó la masa de la unidad de volumen, expresada en gramos por centímetro cúbico a una temperatura de 18° C.

2) Índice de refracción. El índice de refracción de una sustancia dada es la razón de la velocidad de un rayo de luz en el vacío, a la velocidad de la luz a través de la sustancia. Este índice varía con la longitud de onda del rayo de luz refractada y la temperatura, El índice de refracción se determinó siguiendo las normas establecidas.

3) Humedad. Este método determina la cantidad total de agua no combinada que se encuentra en la materia grasa.

4) Índice de acidez. El índice de acidez expresa el peso, en mg de hidróxido de potasio necesario para neutralizar un gramo de materia grasa. El índice de acidez se determinó siguiendo la NTP.

5) Índice de saponificación. El índice de saponificación expresa el peso en mg de hidróxido de potasio necesario para saponificar 1 gramo de grasa.

6) Índice de yodo. El índice de yodo de una muestra grasa es función de su grado de insaturación. Se determina añadiendo a la muestra un exceso de reactivo halogenado (reactivo de Wijs), valorando el reactivo que no reacciona.

7) Índice de peróxidos. Se denomina índice de peróxidos a los miliequivalentes de oxígeno activo contenidos en un kilogramo de la muestra, calculados a partir del yodo liberado del yoduro de potasio.

Los resultados obtenidos por parte de Asinal Ltda. (2012), se presentan en la Tabla 11.

Tabla N ° 11. Propiedades físicas y químicas del aceite usado de cocina

Propiedad	Unidad	Resultado
Acidez total	mg/g	0.951
Densidad a 18° C	g/mL	0.926
Grados Brix	°Brix	73
Humedad	%	0.4
Índice de peróxidos	mEq/kg	5.4
Índice de saponificación	mg/g	195.3
Índice de yodo	%	102.1

Fuente: Asinal limitada 2012.

8) Perfil de ácidos grasos. Se le realizó una cromatografía al aceite de cocina usado para obtener el perfil de ácidos grasos. En la Tabla 2 se discriminan los componentes, el peso molecular y el área de cada ácido graso presente en el aceite.

TABLA 12. Perfil de Ácidos Grasos del Aceite Usado de Cocina

Ácido graso	Peso molecular (g/mol)	Área
Behénico	340.59	8.435
Butírico	88.11	2.716
Cáprico	172	0.854
Caprílico	144.21	0.632
cis-8,11,14 Eicosatrienoico	340.5	1.267
cis-10 Heptadecanoico	271.4	0.874
cis-11 Eicosenoico	342.7	6.654
cis-11, 14, 17 Eicosatrienoico	343.4	0.693
Docosahexaenoico	328.488	1.176
Eicosapentaenoico	338.57	1.367
Eláidico	282.47	2.894
Esteárico	284.48	76.348
g-Linolénico	282.47	4.167
Heneicosanoico	341.8	0.994
Heptadecanoico	270.46	1.995
Hexanoico	116.16	1.289
Icosanoico	312.54	7.986
Láurico	200.3	2.076
Linoleico	278.43	635.876
Linolelaídico	283	0.981
Linolénico	282.47	33.864
Mirístico	228.36	7.964
Miristoléico	226.36	0.426
Oleico	282	547.983
Palmitico	256.43	313.016
Palmitoleico	254.41	7.102
Pentadecanoico	242.4	1.004
Tetracosanoico	338.57	2.995
Tricosanoico	339.7	1.876

Fuente: Los autores, 2012

9) Pre tratamiento del aceite usado de cocina. Se realizó una filtración al aceite de cocina usado con el fin de remover las partículas que se encontraban suspendidas en este; esto, a su vez, ayudó a retirar agua presente en el mismo, debido a que las partículas pequeñas de comida generalmente retienen agua. Esta filtración se realizó empleando un embudo büchner de porcelana, con papel filtro cualitativo, un erlenmeyer con desprendimiento lateral con una capacidad de 1000mL y una bomba de vacío con una potencia de 1/3HP y 1350/1620rpm. La presión de vacío a la cual se llevó a cabo la filtración fue de 18mmHg. Se filtró un volumen total de 9 litros de aceite usado. Posterior a la filtración, se llevó a cabo el

calentamiento del aceite a una temperatura de 100°C para dejar la materia prima con un bajo porcentaje de agua, y así evitar reacciones indeseables en el proceso de transesterificación.

10) Selección de las condiciones de operación. Para la selección de las condiciones de operación, se tuvo en cuenta la revisión bibliográfica. La temperatura se mantuvo constante en 70°C y la cantidad de hidróxido de potasio fue del 1% en peso de la carga total del reactor, durante todos los ensayos en laboratorio y la corrida de planta piloto. Las relaciones molares aceite: alcohol empleadas y el tiempo se muestran en la Tabla 3.

TABLA 13. Condiciones de Operación Empleadas

Variable	Datos de estudio
Relación molar aceite : alcohol	1:9 1:11 1:13
Tiempo (h)	2 3

Fuente: <http://hemeroteca.unad.edu.co>

La temperatura de reacción influye de manera positiva en la velocidad de reacción, aunque para períodos de reacción prolongados, la cantidad final de ésteres producidos tiende a ser la misma a cualquier temperatura. Lo más usual es que la temperatura de reacción esté cercana a la temperatura de ebullición del alcohol [21]. Por tanto, la temperatura de reacción tomada fue de 70°C.

Una de las variables que más afecta la conversión de biodiesel es la relación molar aceite: alcohol. Estequiométricamente, en la transesterificación se necesitan tres moles de alcohol y una de triglicérido para producir tres moles de ésteres alquílicos y una de glicerina; sin embargo, la alcoholólisis es una reacción reversible y requiere un exceso de alcohol para desplazar el equilibrio hacia los productos, lo que ha llevado a concluir que, hasta cierto límite, las relaciones molares altas conllevan mayores conversiones en cortos tiempos. Una

relación molar alta, interfiere negativamente en el proceso de separación de la glicerina, debido al aumento en la solubilidad de esta en el alcohol. Cuando la glicerina permanece en solución, ayuda al desplazamiento del equilibrio hacia la izquierda, disminuyendo, la producción de ésteres. Se ha observado que los mejores resultados se presentan para las relaciones molares aceite: alcohol entre 1:9 y 1:12. Para relaciones molares menores a 1:6 la reacción no es completa, mientras que para una relación 1:15 la separación de la glicerina es difícil y la producción de ésteres disminuye porque una porción de glicerina permanece en la fase biodiesel.

Teniendo en cuenta lo anterior, para la relación molar aceite: alcohol se escogieron aleatoriamente las tres relaciones molares mostradas en la Tabla 3.

Por último, se empleó la relación del catalizador 1% en peso de la carga total del reactor, teniendo en cuenta los estudios de J. M. Encinar y J. F. Gonzáles [23]. Debido a que el biodiesel con mejores propiedades logrado por ellos, se obtuvo empleando esta condición.

Con estas condiciones de operación se realizaron los respectivos cálculos para hallar el rendimiento de cada ensayo por balance de materia y cromatografía de gases, lo cual permitió establecer los requerimientos de operación óptima y, de esta manera, llevar a cabo la corrida en planta piloto.

3.11 Caracterización del biodiesel

Teniendo en cuenta la norma es necesario realizar la caracterización del biodiesel obtenido acorde con las especificaciones del mismo, para uso como combustible o como componente de mezclas con combustibles diesel.

La calidad del biodiesel determina el funcionamiento y la vida útil de los equipos de inyección de combustible en los motores diesel; de igual manera, determina el éxito en el mercado y la satisfacción o el rechazo de sus consumidores, principalmente a largo plazo. Las pruebas de caracterización que se muestran a continuación:

1) Poder calorífico. Según la norma, el poder calorífico inferior de referencia reportado por el método ASTM D240 debe estar alrededor de 39500 J/g; por lo tanto, el valor reportado en la tabla 11 es aceptable debido a que se encuentra en el rango y presenta una diferencia de 150 J/g, con respecto del valor estimado. Este valor indica la cantidad de calor que se puede llegar a obtener por la combustión del combustible. El desarrollo de potencia del motor es proporcional al poder calorífico obtenido.

TABLA 14. Resultado de la Prueba de Poder Calorífico

Prueba técnica	Norma ASTM	RESULTADO	NTP	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Poder calorífico	D-240	39600	39500	

Fuente: elaboración propia

2) Punto de inflamación. Según la norma, el valor mínimo de esta característica del Biodiesel debe ser de 120°C y el valor del producto obtenido fue de 140°C, presentando de esta manera una diferencia con el valor estimado, de 20°C, lo cual indica que se necesita una mayor temperatura para que el biocombustible se vuelva una mezcla que se incendie al ponerla en contacto con una llama o chispa. Este valor hace que el producto tenga un manejo, transporte y almacenamiento más simples. Una baja temperatura en esta propiedad está dada

por un residuo elevado de etanol, lo cual indica que gracias a los lavados que se le realizaron al producto, este quedó con bajo contenido de etanol.

TABLA 15. Resultado de la Prueba Punto de Inflamación

Prueba técnica	Norma ASTM	RESULTADO	NTP	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Punto de inflamación 101.2 Kpa	D-92	183	120	

Fuente: elaboración propia

3) Cenizas. El valor máximo aceptado por la norma para este parámetro es de 0.02% y el valor que se obtuvo del producto fue de 0.0036%, presentando así una diferencia de 0.0164%. El valor obtenido en la caracterización es un resultado muy bajo con respecto del establecido, lo que indica que los residuos de catalizador fueron retirados favorablemente con los lavados realizados al biodiesel, lo cual evita la saturación del filtro y al desgaste en diversas partes del motor.

TABLA 16.Resultado de la Prueba de Contenido de Cenizas

Prueba técnica	Norma ASTM	RESULTADO	NTP	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Contenido de cenizas en %	D-482	0.0036	-----	0.02

Fuente: elaboración propia

4) Agua y sedimentos. La presencia de agua y sólidos puede colmatar filtros y darle al combustible unas propiedades de lubricidad menores. Según la norma NTC 5444, el valor máximo es de 0.05% y el valor del producto obtenido fue de 0.5%, siendo 0.45% la diferencia entre estos dos valores. El resultado de agua en este proceso se debe principalmente al lavado del biodiesel y al almacenamiento del mismo. El biodiesel al ser higroscópico puede absorber agua si se pone en contacto con aire húmedo; por lo tanto, es recomendable almacenarlo bajo una atmósfera inerte como nitrógeno. Los sedimentos pueden presentarse, principalmente, por un mal proceso de purificación del combustible o contaminación. Afectan especialmente a la temperatura de cristalización y al número de cetano.

TABLA 17. Resultado de la Prueba de Agua y Sedimentos

Prueba técnica	Norma ASTM	RESULTADO	NTP	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Agua y sedimentos % en volumen	D-1796	0.5	----	0.05

Fuente: elaboración propia

5) Densidad. Esta propiedad depende de la materia prima utilizada para su producción. Un exceso de etanol, genera disminución en la densidad, situación que causa problemas al motor. Según la norma el valor mínimo de esta característica del biodiesel debe ser de 860kg/m³ y el valor máximo de 900kg/m³; el valor del producto obtenido fue de 877 kg/m³,

el cual es aceptable ya que se encuentra dentro del rango establecido, indicando de esta manera que, con los lavados realizados al biodiesel, se retiró el etanol presente.

Tabla 18. Resultado de la Prueba de Densidad

Prueba técnica	Norma ASTM	RESULTADO	NTP	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Densidad 25° C	D-287	0.87	0.86	0.900

Fuente: elaboración propia

6) Viscosidad cinemática. Según la norma, el valor mínimo de esta característica del biodiesel debe ser de 1.9 mm²/s y el valor máximo de 6 mm²/s; el valor del producto obtenido fue de 5.4069 mm²/s lo cual indica que es aceptable ya que se encuentra dentro del rango establecido. Sin embargo, se debe presentar una viscosidad mínima para evitar pérdidas de potencia debidas a las fugas en la bomba de inyección y en el inyector. La viscosidad es un parámetro sumamente importante en los combustibles, ya que afecta directamente al proceso de atomización. Combustibles con alta viscosidad tienden a formar gotas más grandes en la inyección y a ocasionar una mala atomización del combustible, así como a fomentar la formación de depósitos en el motor y a provocar la necesidad de mayor energía en el bombeo del combustible.

Tabla 19. Resultado de la Prueba de Viscosidad Cinemática

Prueba técnica	Norma ASTM	RESULTADO	NTP	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Viscosidad cinemática	D- 445	5.4069	1.9	6

Fuente: elaboración propia

7) Índice de cetano. El valor mínimo aceptado por la norma para el número de cetano es de 47 y el valor que se obtuvo del producto fue de 55.6, siendo la diferencia entre estos dos valores, de 8.6; el valor de la caracterización es un resultado aceptable con respecto del que establece la norma, debido a que un número alto de cetano implica un arranque más fácil y un buen encendido en frío; por otro lado, un bajo número de cetano genera ruidos en el motor, prolongando el retraso en la ignición y aumentando el peso molecular en las emisiones.

Tabla N° 20:

Prueba técnica	Norma ASTM	RESULTADO	NTP	
			MÍNIMO	MÁXIMO
Índice de cetano	D-4737	55.6	45	-----

Fuente: elaboración propia

En cuanto al índice de cetano, el valor mínimo aceptado es de 45 y el valor que se obtuvo después de los respectivos cálculos fue de 50.1, presentando así una diferencia de 5.1. Este resultado igualmente es aceptable, debido a que un valor bajo en el índice de cetano indica poca tendencia a la ignición, mayor cantidad de depósitos en el motor y mayor desgaste de los pistones.

CONCLUSIONES

Tras realizar el estudio de viabilidad de la planta de biodiesel que se pretende instalar en la UNP se llega a las siguientes conclusiones:

- Los aceites más utilizados en la preparación de comidas dentro del campus de la Universidad Nacional de Piura, son aceites de origen vegetal como son aceite de soya, girasol, maíz, etc.
- De las encuestas realizadas a las personas encargadas de los cafetines y del comedor universitario se llega a la conclusión de que el aceite solo se utiliza 1 sola vez en promedio y en algún caso 2 veces, lo que nos hace pensar con certeza que el índice de acidez del aceite sería muy bajo.
- En cuanto a su disposición final en la mayoría de casos, las personas encargadas lo arrojan por el sistema de alcantarillado, lo cual conlleva a una mayor contaminación de las aguas residuales, solo un pequeño grupo lo confina en recipientes y lo desecha entre los residuos sólidos.
- Con base a la información y el poco hábito de las personas en lo que respecta al reciclaje de aceite se elaboró un plan piloto de recojo de aceite hasta obtener concientizar totalmente a las personas encargadas del manejo del aceite residual.
- Con respecto a la caracterización de la materia prima se determinaron 5 parámetros físicos y químicos entre los que destacan la humedad, densidad relativa, % de ácidos grasos libres, índice de acidez, índice de saponificación, e índice de Yodo.
- Se establece que el proceso que se debía utilizar para la obtención del biodiesel es la transesterificación básica homogénea debido a que el índice de ácidos grasos libres se encuentra por debajo del 2%.

- Se concluye que a medida que aumenta la temperatura el rendimiento de biodiesel es mayor y que con estas condiciones a 60 °C se tiene un mayor rendimiento y el catalizador que da mejores resultados es el hidróxido de potasio, ya que la glicerina obtenida puede ser refinada de forma fácil.
- El rendimiento de biodiesel bajo las condiciones establecidas está por encima del 60 % a una temperatura de 60°C y usando NaOH como catalizador.
- El beneficio al medio ambiente es indiscutible, puesto que se están reciclando cantidades considerables de aceites residuales, lo cual conlleva a una disminución considerable de la contaminación en las aguas residuales, ya que estos se estarían tratando técnicamente.
- Se obtendría biocombustibles a menor costo, independientemente de los a fluctuaciones en los precios del diesel.
- Los costos de operación de la planta son muy bajos como queda demostrado en el modelo de estudio que se llevó a cabo.
- Se comprobó la veracidad de las hipótesis tanto generales como específicas que se planteó al inicio del proyecto.
- permitió establecer que las condiciones que presentaron mejores resultados durante el proceso de transesterificación en presencia de catalizador básico, hidróxido de potasio, a una temperatura de 65°C con agitación de 500 rpm fueron: relación molar aceite: alcohol 1:11 con un tiempo de reacción de tres horas, alcanzando un rendimiento de 97.33% determinado por cromatografía de gases.
- Los resultados del análisis de las propiedades físicas y químicas del aceite de cocina usado, empleado como materia prima para la producción de biodiesel, fueron satisfactorios, debido a que cumplen con los requerimientos establecidos.

- Con base en el análisis del efecto de las condiciones de operación, se concluyó que para lograr un rendimiento superior al 95%, es necesario trabajar con una relación molar no superior a 1:11 y un tiempo de reacción de tres horas para facilitar el proceso de separación.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar una campaña de concientización para dar a conocer los beneficios del proyecto, que contribuya a aumentar la participación de la población en la donación del aceite.
- Realizar el análisis experimental completo para poder determinar con mayores argumentos la relación molar, el catalizador y la cantidad que dan un mayor rendimiento.
- Cuando se usen lotes diferentes, realizar una prueba de acidez al aceite para poder determinar que el aceite tiene las mismas características.
- Realizar un estudio de cromatografía de gases para identificar la calidad del biodiesel. Continuar con la caracterización del biodiesel haciendo referencia a normas internacionales como las ASTM.
- Presentar el proyecto a los organismos correspondientes como el CONCYTEC para buscarle financiamiento teniendo en cuenta que es un proyecto que minimiza los impactos que pueden generar los aceites reciclados al medio ambiente y a un bajo costo.
- Durante la parte experimental hay que medir rápidamente el hidróxido de sodio porque absorbe la humedad del aire y pierde efectividad.
- El metóxido de sodio es una sustancia alcalina muy corrosiva. Hay que tener cerca un grifo de agua corriente y una botella de vinagre. Si llega a salpicar en la piel, hay que empapar la zona afectada en vinagre y enjuagarla bajo el grifo con mucha agua.

BIBLIOGRAFÍA

(s.f.).

agricultura, m. d. (2008). *ESTUDIO SOBRE LA SITUACIÓN DE LOS BIOCOMBUSTIBLES EN EL PERÚ*. Lima: Minagri.

Alvarez, J. A. (2013). *Obtención de biodiesel a partir de*. México: Cimav.

Alvarez..., C. A. (2011.). *mas alla del dilema de los métodos*. Neiva.: Unievrsidad surcolombiana.

Cañete, J. P. (2009). *Reciclaje de aceites para la obtencion de biocombustibles*. Puebla,México: UDLAP.

F.Marcus, M. y. (2001). *Biodiesel handling and use Guidelines*. U.S.A.

FERNANDEZ-VITORA, V. C. (1993). *“GUIA METODOLOGICA PARA LA*. Madrid: Mundi prensa.

Gonzáles., H. L. (2009). *Metodología de la investigación*. bogotá: Ecoediciones.

<http://biocombustibles2012.blogspot.com>. (2012). Biocombustibles. *blogspot*.

Marín., M. E. (2001). *estrategias de la investigación social cualitativa*. Medellin: La Carreta editores.

Mortimer. (1983). *Química*. USA: Mcgraw Hill.

Osinermin. (2007). *REGLAMENTO PARA LA COMERCIALIZACIÓN DE BIOCOMBUSTIBLES*. Lima.

Paula Castro Pareja, S. S. (2008). *ESTUDIO SOBRE LA SITUACIÓN DE LOS*. Lima.: Oxfam.

Sunedu. (2018). *Informe Bienal sobre la realidad universitaria*. Lima.

VICENTE., E. J. (2013). *obtención de biodiesel*.

ARBELÁEZ A., RIVERA M. (2007). Diseño conceptual de un proceso para la obtención de biodiesel a partir de algunos aceites vegetales colombianos.

<http://bdigital.eafit.edu.co/bdigital/PROYECTO/P660.2844CDA664/fulltext.pdf>

HERRERA J., VELEZ J. (2008). Caracterización y aprovechamiento del aceite residual de frituras para la obtención de un combustible (biodiesel). <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisdigitales/texto/6626H565.pdf>

PASQUALE G., RUIZ D. (2010). Biodiesel casero. Todo lo que hay que saber para fabricar un buen biodiesel. http://www.cedesu.org/attachments/article/69/Pasquale-Ruiz_Biodiesel%20Casero_STD%202_Cedesu.pdf

CASTRO P., CASTILLO L., NAZARIO M. Producción de biodiesel a pequeña escala a partir de aceites usados en la ciudad de lima. <http://www.itdg.org.p/publicaciones/pdf/aceitesusados.pdf>

CHIAPELLA J. Reciclado de aceites vegetales usados. De la cocina al motor. http://www.inta.gov.ar/concepcion/informacion/documentos/mecaniza/Reciclado-De-Aceites-Vegetales_usado.pdf

ANEXOS

ANEXO 01

PLANO DE UBICACIÓN DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA



Fuente: Google Earth.

ANEXO 02

REACTOR PARA LA OBTENCIÓN DE BIODIESEL A PEQUEÑA ESCALA



Fuente: Bibliocad .com.es

ANEXO 03: EVIDENCIAS FOTOGRÁFICAS

Aceite recuperado en el comedor universitario.



Reactivos utilizados en el proceso de transesterificación.



Preparando el aceite para iniciar el proceso de obtención de biodiesel



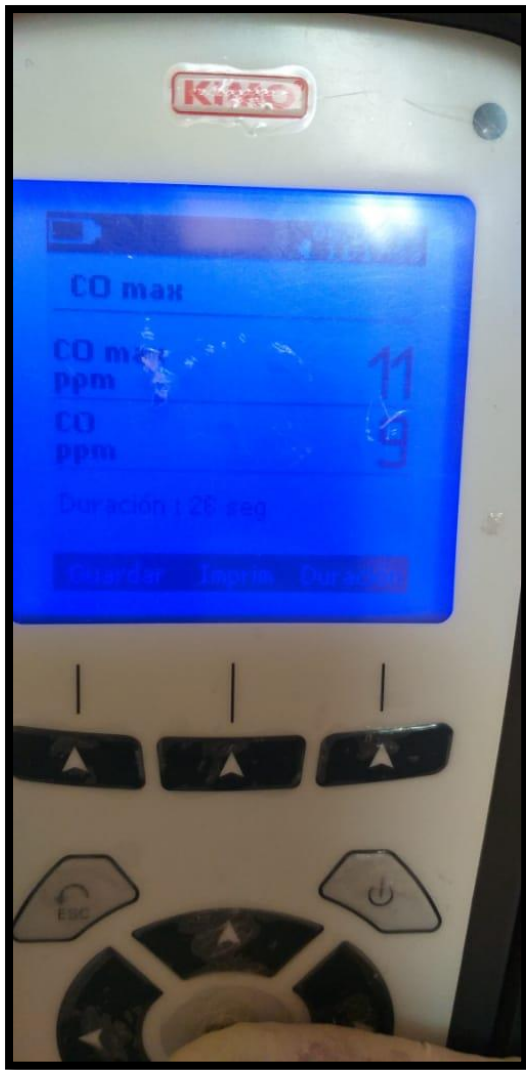


Proceso de separación del biodiesel de la glicerina



**Analizador de gases para identificar
La concentración de CO en ppm**





Proceso de medición del CO utilizando el analizador de gases de combustión

Residuo obtenido después de la Combustión del biodiesel.



Determinación de algunas propiedades del aceite residual

